



UNIVERSITE
JEAN LOROUGNON GUEDE
UFR AGROFORESTERIE

REPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

Union-Discipline-Travail

Ministère de l'Enseignement Supérieur et
de la Recherche Scientifique

ANNEE : 2022-2023

N° D'ORDRE : 088

CANDIDAT

Nom : OUATTARA

Prénom : Abdoulaye

THESE DE DOCTORAT

Mention : Agriculture et Foresterie Tropicale

Spécialité : Biochimie et Technologie des Aliments

Effets du tourteau de cajou (*Anacardium occidentale* L) sur les performances zootechniques, économiques et qualité des œufs de pondeuses (ISA Brown)

JURY

Président : Monsieur **ANGAMAN Djédoux Maxime**, Professeur Titulaire (Spécialité : Biochimie), Enseignant-Chercheur à l'Université Jean LOROUGNON GUEDE

Directeur de Thèse : Monsieur **DIOMANDE Massé**, Maître de Conférences (Spécialité : Biochimie et Technologie des Aliments) Enseignant-Chercheur à l'Université Jean LOROUGNON GUEDE

Rapporteur : Monsieur **KOKO Anauma Casimir**, Maître de Conférences (Spécialité : Biochimie et Technologie des Aliments) Enseignant-Chercheur à l'Université Jean LOROUGNON GUEDE

Examineur 1 : Monsieur **KIMSE Moussa**, Maître de Conférence (Spécialité : Nutrition et Pathologie- système d'élevage), Enseignant-Chercheur à l'Université Nangui ABROGOUA

Examineur 2 : Madame **DEFFAN Zranseu Ange Bénédicte Epse KOUASSI**, Maître de Conférences (Spécialité : Biochimie et Technologie des Aliments) Enseignant-Chercheur à l'Université Jean LOROUGNON GUEDE

**Soutenue publiquement
le :02-12-2023**

Table des matières

DEDICACE.....	xii
REMERCIEMENTS	xiii
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS	xvii
LISTE DES TABLEAUX.....	xvii
LISTE DES FIGURES	xx
Introduction	1
Première partie : Généralités	2
1. Anacardier (<i>Anacardium occidentale</i> L)	6
1.1. Historique.....	6
1.2. Taxonomie et classification	6
1.3. Description de l’anacardier	6
1.4. Ecologie de l’anacardier	8
1.5. Production mondiale de noix brutes de cajou	9
1.6. Evolution de la production de l’anacarde en Côte d’Ivoire	9
1.6.1. Bref historique de la Filière Anacarde	9
1.6.2. Production ivoirienne de noix brutes de cajou.....	10
1.6.3. Transformation des noix de cajou en Côte d’Ivoire.....	11
1.7. Voies de valorisation des co-produits de l’anacarde.....	12
1.7.1. Usages alimentaires et médicinal de l’anacarde.....	12
1.7.1.1. Pomme de cajou	12
1.7.1.2. Amande de cajou	13
1.7.2. Usages industriels de l’anacarde	13
1.7.2.1. Mésocarpe	13
1.7.2.2. Ecorce et feuille.....	13
1.7.2.3. Bois et gomme.....	14
1.8. Valorisation du tourteau de cajou	14
2. Aviculture en Afrique de l’Ouest et en Côte d’Ivoire	15

Table des matières

2.3. Aviculture en Côte d'Ivoire.....	17
2.3.1. Historique et importance économique.....	17
2.3.2. Typologie de l'aviculture ivoirienne.....	17
2.3.3. Contraintes liées à l'aviculture ivoirienne.....	18
3. Poules pondeuses, besoins alimentaires et caractéristiques des œufs	19
3.1. Poules pondeuses	19
3.1.1. Description de l'appareil reproducteur de la poule : oviducte.....	19
3.1.1.1. Ovaire	20
3.1.1.2. Infundibulum.....	20
3.1.1.3. Magnum	20
3.1.1.4. Isthme	20
3.1.1.1. Utérus	21
3.1.2. Différentes races de poules pondeuses	23
3.2. Besoins en nutriments des poules pondeuses ou alimentation des poules pondeuses	24
3.2.1. Besoins en eau.....	24
3.2.2. Besoins en période d'élevage.....	26
3.2.3. Besoins en période de ponte.....	26
3.2.4. Éléments nutritifs favorisant une coquille d'œuf de bonne qualité.....	27
3.2.4. Technique et normes d'élevage.....	27
3.2.4.1. Pré-démarrage des poussins	27
3.2.4.2. Stade poulettes.....	27
3.2.4.3. Stade de ponte	28
3.2.5. Performances zootechniques	28
3.2.5.1. Croissance des poulettes.....	28
3.2.5.2. Age d'entrée en ponte	28
3.2.5.4. Nombre d'œufs.....	29
3.2.5.5. Poids des œufs.....	29

Table des matières

3.2.5.6. Durée et persistance de la ponte	29
3.3. Quelques matières premières utilisées en alimentation des poules pondeuses.....	29
3.3.1. Matières premières énergétiques	30
3.3.1.1. Maïs grains	30
3.3.1.2. Son de blé	31
3.3.1.3. Sous-produits du maïs	31
3.3.2. Matières premières protéiques	31
3.3.2.1. Importance des protéines dans l'alimentation	31
3.3.2.2. Farine de poisson.....	32
3.3.2.3. Tourteaux de coton.....	33
3.3.2.4. Tourteaux de soja	34
3.3.2.5. Tourteau de cajou	34
3.3.3. Additifs, vitamines et minéraux	34
3.4. Caractéristiques des œufs	35
3.4.1. Dénomination « œufs » de poule.....	35
3.4.2. Production d'œufs de consommation	36
3.4.2.1. Production mondiale	36
3.4.2.2. Production en Afrique	37
3.4.2.3. Production en Côte d'Ivoire	38
3.4.3.1. Structure interne de l'œuf.....	38
3.4.3.1.1. Germe	38
3.4.3.1.2. Jaune ou vitellus	38
3.4.3.1.3. Blanc ou albumen	41
3.4.3.1.4. Membranes coquillères	43
3.4.3.2. Structure externe de l'œuf : coquille	43
3.4.4. Quelques caractéristiques physiques de l'œuf	45
3.4.4.1. Calibre de l'œuf.....	45

Table des matières

3.4.4.2. Poids de l'œuf.....	45
3.4.5. Parts relatives des constituants d'un œuf.....	46
3.4.6. Valeurs nutritionnelles et évolution de la composition de l'œuf après la ponte.....	46
3.4.6.1. Valeurs nutritionnelles	46
3.4.6.2. Evolution de la composition de l'œuf après la ponte	47
3.4.7. Qualité des œufs.....	50
3.4.8. Facteur influençant la qualité des œufs.....	51
Deuxième partie : Matériel et méthodes	52
1. Matériel.....	53
1.1. Site d'expérimentation	53
1.2. Matériel technique	53
1.3. Matériel de laboratoire.....	54
1.4. Animaux expérimentaux	55
1.5. Matières premières et additifs alimentaires	55
2. Méthodes	56
2.1. Caractéristiques nutritionnelles du tourteau de cajou et des aliments formulées	56
2.1.1. Production du tourteau de cajou	56
2.1.1.1. Production du tourteau de cajou.....	56
2.1.1.2. Collecte des co-produits et amandes déclassées de cajou	56
2.1.1.3. Triage des amandes de cajou.....	56
2.1.1.4. Broyage des amandes de cajou.....	57
2.1.1.5. Réhydratation à la vapeur.....	57
2.1.1.6. Pressage de la poudre hydratée	57
2.1.1.7. Concassage des blocs	58
2.1.1.8. Séchage du tourteau humide de cajou	58
2.1.2. Détermination des proportions d'impureté et du rendement de production de tourteau de cajou	59

Table des matières

2.1.3. Production des aliments expérimentaux	60
2.1.3.1. Choix des ingrédients	60
2.1.3.2. Formules et aliments produits	60
2.1.4. Caractéristiques nutritionnelles des échantillons	63
2.1.4.1. Echantillons	63
2.1.4.2. Préparation des échantillons	63
2.1.4.3. Détermination des teneurs en humidité et matière sèche	63
2.1.4.4. Détermination des teneurs en protéines	64
2.1.4.5. Détermination des teneurs en cendres	65
2.1.4.6. Détermination des teneurs en celluloses brutes.....	65
2.1.4.7. Extraction de la matière grasse.....	66
2.1.4.8. Détermination de l'énergie métabolisable.....	66
2.1.4.9. Dosage de quelques minéraux	66
2.1.4.10. Analyse des acides aminés par HPLC.....	67
2.1.4.10.1. Extraction et dérivatisation des acides aminés totaux	67
2.1.4.10.2. Séparation et identification des acides aminés	68
2.1.4.10.3. Quantification des acides aminés	68
2.1.4.11. Détermination des teneurs en vitamines C	69
2.1.4.11.1. Extraction de la vitamine C	69
2.1.4.11.2. Estimation des teneurs en vitamines C.....	69
2.1.4.12. Extraction des vitamines B.....	69
2.1.4.13. Dosage de la vitamine A	70
2.1.4.13.1. Séparation chromatographique des vitamines.....	70
2.1.4.13.2. Préparation et analyse des échantillons	71
2.2. Elevage et suivi des poulettes et poules pondeuses	71
2.2.1. Phases d'élevage	71
2.2.1.1. Phase de croissance	71

Table des matières

2.2.1.2.	Phase de pré-ponte	72
2.2.1.3.	Phase de ponte	72
2.2.2.	Prophylaxie sanitaire et médicale	73
2.2.2.1.	Prophylaxie sanitaire	73
2.2.2.2.	Prophylaxie médicale	74
2.2.3.	Etude des performances zootechniques des poules pondeuses.....	74
2.2.3.1.	Poids corporel.....	74
2.2.3.2.	Taux de mortalité	75
2.2.3.3.	Consommation hebdomadaire d'aliment	76
2.2.3.4.	Indice de consommation (IC) en phase croissance et pré-ponte	76
2.2.3.5.	Indice de consommation (IC) à la ponte	76
2.2.3.6.	Gain moyen quotidien	77
2.2.3.7.	Taux de ponte	77
2.3.	Etude des caractéristiques de qualité des œufs pondus.....	77
2.3.1.	Poids moyen des œufs.....	78
2.3.2.	Indice de forme des œufs	78
2.3.3.	Taux d'œufs déclassés	78
2.4.	Contrôle qualité des œufs conservés.....	79
2.4.1	Perte de poids des œufs	79
2.4.2.	Epreuve de densité dans l'eau salée à 10 %	79
2.4.3.	Cassage des œufs.....	79
2.4.3.1.	Epaisseur des coquilles	79
2.4.3.2.	Coloration du vitellus	80
2.4.3.3.	Viscosité du blanc.....	80
2.4.3.4.	Hauteur de l'albumen et calcul d'Unité Haugh	80
2.4.3.5.	Poids et proportion des différents composants des œufs	80
2.4.3.6.	Volume des parties comestibles.....	81

Table des matières

2.5. Evaluation économique.....	81
2.5.1. Coût de production.....	82
2.5.1.1. Alimentation.....	82
2.5.1.2. Soins des animaux.....	82
2.5.1.3. Autres dépenses.....	82
2.5.2. Revenu brut.....	82
2.5.2.1. Nombre d'œuf.....	82
2.5.2.2. Reforme des poules.....	83
2.5.2.3. Autres entrées (fientes).....	83
2.5.3. Bénéfice.....	83
2.6. Analyses statistiques.....	84
Troisième partie : Résultats et discussion.....	85
Chapitre 1 : Production et caractérisation physicochimique du tourteau de cajou (<i>Anacardium occidentale</i> L) et des aliments distribués au cours de cette étude.....	86
Introduction.....	86
1. Résultats.....	86
1.1. Production et rendement de production du tourteau de cajou.....	86
1.1.1. Triage des amandes de cajou.....	86
1.1.2. Rendement de production du tourteau de cajou.....	86
1.2. Composition chimique du tourteau de cajou et des aliments expérimentaux.....	87
1.2.1. Composition chimique du tourteau de cajou produit.....	87
1.2.1.1. Teneur en nutriments du tourteau de cajou produit.....	87
1.2.1.2. Composition en éléments minéraux du tourteau de cajou produit.....	87
1.2.1.3. Composition en acides aminés du tourteau de cajou produit.....	87
1.2.1.4. Composition en vitamines du tourteau de cajou produit.....	88
1.2.2. Composition chimique des aliments de croissance.....	89
1.2.2.1. Teneur en nutriments des aliments de croissance.....	89

Table des matières

1.2.2.2.	Composition en éléments minéraux des aliments de croissance.....	91
1.2.2.2.1.	Macro-éléments des aliments de croissance	91
1.2.2.2.2.	Oligo-éléments des aliments de croissance	91
1.2.2.3.	Composition en vitamines des aliments de croissance.....	92
1.2.2.4.	Composition en acides aminés des aliments de croissance	93
1.2.3.	Composition chimique des aliments de pré-ponte	95
1.2.3.1.	Teneur en nutriments des aliments de pré-ponte.....	95
1.2.3.2.	Composition en éléments minéraux des aliments de pré-ponte	97
1.2.3.2.1.	Macro-éléments des aliments de pré-ponte	97
1.2.3.2.2.	Oligo-éléments minéraux des aliments de pré-ponte.....	97
1.2.3.3.	Composition en vitamines des aliments de pré-ponte	98
1.2.3.4.	Composition en acides aminés des alimentss de pré-ponte.....	98
1.2.4.	Composition chimique des aliments de ponte	100
1.2.4.1.	Teneur en nutriments des aliments de ponte	100
1.2.4.2.	Composition en éléments minéraux des aliments de ponte.....	101
1.2.4.2.1.	Macro-éléments des aliments de ponte	101
1.2.4.2.2.	Oligo-éléments des aliments de ponte	101
1.2.4.3.	Composition en vitamines des aliments de pontes.....	103
1.2.4.4.	Composition en acides aminés des aliments de ponte.....	104
2.	Discussion.....	105
	Conclusion partielle.....	116
	Chapitre 2 : Effets des aliments à base de tourteau de cajou sur les performances zootechniques des poulettes et poules pondeuses (ISA Brown)	117
1.	Phase de croissance	117
1.1.	Croissance moyenne	117
1.2.	Ingestion.....	117
1.3.	Gain moyen quotidien.....	119

Table des matières

1.4. Efficacité alimentaire (IC)	119
1.5. Santé animale (mortalité).....	120
2. En phase de pré-ponte.....	120
2.1. Consommation moyenne d'aliment	120
2.2. Indice de consommation	121
2.3. Gain moyen quotidien (GMQ).....	122
2.4. Santé (mortalité)	122
2.5. Croissance pondérale	122
3. En phase de ponte.....	123
3.1. Semaine d'entrée en ponte	123
3.2. Ingéré alimentaire	123
3.3. Indice de consommation	124
3.4. Nombre d'œufs pondus.....	125
3.5. Poids moyen des œufs.....	125
3.6. Taux de ponte.....	126
3.7. Taux d'œufs déclassés	127
3.8. Santé (taux de mortalité).....	128
2. Discussion	128
Conclusion partielle.....	134
Chapitre 3 : Effet du tourteau de cajou sur la qualité des œufs.....	136
Introduction	136
1. Résultats	136
1.1. Caractéristiques de qualité des œufs du jour.....	136
1.2. Œufs conservés.....	140
1.2.1. Evolution des poids moyens des œufs.....	140
1.2.2. Evolution de la perte de poids.....	140
1.2.3. Position des œufs dans l'eau salinisée à 10 %	140

Table des matières

1.2.4. Evolution des différentes parties des œufs au cours de la conservation.....	143
1.2.4.1. Evolution du vitellus	143
1.2.4.1.1. Evolution du poids.....	143
1.2.4.1.2. Évolution de la coloration jaune du vitellus	143
1.2.4.1.3. Évolution de la hauteur du vitellus	143
1.2.4.1.4. Portion du vitellus.....	144
1.2.4.2. Évolution de l'albumen de l'œuf.....	144
1.2.4.2.1. Evolution du poids de l'albumen	144
1.2.4.2.2. Évolution de la hauteur de l'albumen	145
1.2.4.2.3. Evolution de l'unité Haugh des œufs conservés.....	145
1.2.4.2.4. Portion du blanc	146
1.2.4.3. Evolution des parties non comestibles	146
1.2.4.3.1. Epaisseur de la coquille	146
1.2.4.3.2. Poids de la coquille.....	147
1.2.4.3.3. Portion de la coquille	147
2. Discussion.....	148
Conclusion partielle.....	158
Chapitre 4 : Impact de l'incorporation du tourteau de cajou sur la rentabilité économique de la production de poules pondeuses (ISA Brown) en Côte d'Ivoire	159
Introduction	159
1. Résultats	159
1.1. Prix unitaire des matières premières et additifs alimentaires	159
1.2. Formulation et prix de revient des aliments	159
1.2.1. Aliment croissance	159
1.2.2. Aliment pré-ponte	160
1.2.3. Aliment distribué en période de ponte	160
1.3. Coût de l'alimentation.....	162

Table des matières

1.3.1. Phase croissance	162
1.3.2. Phase pré-ponte	163
1.3.3. Phase de ponte	163
1.4. Vente des produits d'élevage	164
1.5. Marge bénéficiaire brute et rentabilité économique de la production.....	164
1.6. Part du coût de l'aliment du coût global de production	165
2. Discussion	166
Conclusion partielle.....	168
Conclusion générale, recommandations et perspectives	169
Recommandations	170
Perspectives	171
Références	173
Annexes	215

Dédicace

DEDICACE

Je dédie cette thèse de Doctorat à :

Ma mère **KONIN Bra Odette**

Mon père **OUATTARA Moroutou**

Pour leur soutien et leur confiance dont j'ai toujours bénéficié.

Vos efforts pour me soutenir n'ont pas été vains !

Merci !

REMERCIEMENTS

La présente thèse est l'aboutissement d'un travail de recherche, qui a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui nous témoignons toute notre reconnaissance.

A Madame ADOHI Krou Viviane, Présidente de l'Université Jean Lorougnon Guédé nous disons merci pour avoir mis à notre disposition un cadre propice de travail.

J'exprime mon infinie gratitude au Vice-Président chargé de la Pédagogie, Monsieur SORO Dognimeton, Professeur Titulaire d'Agro-pédologie pour tous les efforts qu'il fait quotidiennement en vue de la bonne marche de l'Université Jean Lorougnon Guédé.

Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à la Directrice de l'Unité de Formation et de Recherche (UFR) d'Agroforesterie, Madame TONESSIA Dolou Charlotte, Maître de Conférences de Phytopathologie pour sa disponibilité.

J'adresse mes sincères remerciements à mon encadreur, Monsieur DIOMANDE Massé, Maître de Conférences de Biochimie et Technologie Alimentaire qui a accepté de diriger ce travail avec patience et abnégation. Ses compétences scientifiques ont largement contribué à l'aboutissement de ce travail. Qu'il trouve dans ces quelques lignes l'hommage d'un admirateur !

Je tiens à exprimer ma gratitude à Monsieur BEUGRE Grah Avit Maxwell, Professeur Titulaire de Biochimie et Nutrition, Directeur du Laboratoire d'Agrovalorisation pour avoir autorisé ce travail. Je salue sa disponibilité et sa grande générosité.

Monsieur ANGAMAN Djédoux Maxime, Président du jury, Professeur Titulaire (Spécialité : Biochimie), Enseignant-Chercheur à l'Université Jean Lorougnon Guédé, la spontanéité et la simplicité avec laquelle vous avez accepté de présider ce jury de thèse malgré votre agenda chargé, nous a marquée. Veuillez trouver ici, l'expression de nos sincères remerciements et de notre profonde gratitude !

Monsieur KOKO Anauma Casmir, Rapporteur de thèse, Maître de Conférences (Spécialité : Biochimie et Technologie des Aliments), Enseignant-Chercheur à l'Université Jean Lorougnon Guédé, veuillez trouver ici, l'expression de notre très grande gratitude. Sincères remerciements !

Monsieur KIMSE Moussa, Examineur 1 de thèse, Maître de Conférences (Spécialité : Nutrition et Pathologie – système d'élevage), Enseignant-Chercheur à l'Université Nangui ABROGOUA, nous apprécions beaucoup la spontanéité avec laquelle vous avez accepté de siéger dans ce jury malgré votre agenda chargé. Vos qualités intellectuelles et votre abord facile nous ont marqués. Recevez en ce jour, notre reconnaissance !

Remerciements

Madame DEFFAN Zranseu Ange Bénédicte Epouse KOUASSI, Examinatrice 2, Maître de Conférences (Spécialité : Biochimie et Technologie des Aliments), Enseignant-Chercheur à l'Université Jean Lorougnon Guédé, vous nous avez fait l'honneur d'accepter de faire partie de ce jury de thèse malgré vos nombreuses occupations. Votre sympathie et votre rigueur nous ont profondément marqués. Soyez assuré de notre estime et de notre considération à chaque instant.

Je tiens à remercier Monsieur KOUASSI Kouakou Nestor, Maître de Conférences (Spécialité : Technologie alimentaire-Nutrition), Enseignant-chercheur à l'Université Nangui Abrogoua/UFR STA pour ses conseils.

Mes remerciements vont à l'endroit de Monsieur YEO Mohamed Anderson, Enseignant-chercheur à l'Université de Man pour sa disponibilité et ses conseils.

Je ne saurai oublier les Enseignants-Chercheurs du Département Biochimie-Microbiologie de l'Unité de Formation et de Recherche (UFR) d'Agroforesterie, tous en leurs rangs, grades et qualités.

Au propriétaire du site d'élevage, OUATTARA Issoufou, dans ces lignes mes remerciements et ma gratitude pour la mise à ma disposition des animaux et le matériel pour la réalisation de cette thèse. Merci pour tout ce que tu continues de faire !

J'exprime ma profonde gratitude à la famille EFFOSSOU pour m'avoir accepté et intégré au moment où j'avais besoin. Trouvez dans ces quelques mots ma reconnaissance !

Aux grandes familles KONE et ses membres KONE Issa, KONE Mengoro, KONE Madou ainsi que leurs épouses respectives, je dis merci pour m'avoir hébergé au moment où j'ai eu besoin d'aide.

Je ne saurai terminer ce mémoire sans être reconnaissant à KONATE Sitapha, épouse et enfants, pour tout ce que vous avez fait et continuez de faire pour moi. Merci à vous !

J'exprime ma profonde gratitude et reconnaissance aux techniciens avicoles OUATTARA Ibrahim épouse et enfant, OUATTARA Ali, OUATTARA Souleymane, OUATTARA Siaka, OUATTARA Abou pour les moments passés. Merci pour l'ambiance, la cohésion !

Je tiens à remercier FOFANA Daouda, doctorant à l'Université Jean Lorougnon Guédé pour les moments passés au cours des phases expérimentales de cette étude. Cher ami, merci pour ces périodes passées sur le site d'élevage.

Ma profonde reconnaissance va à l'endroit des familles OUATTARA, KOUAKOU, KANGA, DIAKITE, MODIBO, DOSSO et YÉBOUA qui ont toujours su me soutenir et m'encourager dans tous les moments de ma vie. Merci !

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

ANOVA : Analyse de variance

AOAC : Association of Official Analytical Chemists

C0 : Aliment croissance contenant 0 % tourteau de cajou

C1 : Aliment croissance contenant 100 % tourteau de cajou

C2 : Aliment croissance contenant 50 % tourteau de cajou

C3 : Aliment croissance contenant 95 % tourteau de cajou

CB : Cellulose brute

CMV : Complexe minéral vitaminé

CNKO : Cashew Nut Kernel Oil

CNRA : Centre National de Recherche Agronomique

CNSL : Cashew Nut Shell Liquid

EM : Energie métabolisable

ENA : Extractif non azoté

EISMV : Ecole Inter états des Sciences et de Médecine Vétérinaires

Fcfa : Franc de la communauté financière Africaine

FIRCA : Fonds Interprofessionnel pour la Recherche et le Conseil Agricole

GMQ : Gain moyen quotidien

H0 : Aliment pré-ponte contenat 0 % de tourteau de cajou

H1 : Aliment pré-ponte contenat 100 % de tourteau de cajou

H2 : Aliment pré-ponte contenat 50 % de tourteau de cajou

H3 : Aliment pré-ponte contenat 95 % de tourteau de cajou

HU : Unité Haugh

IEMVT : Institut d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des pays Tropicaux

IC : Indice de consommation

INRA : Institut National de Recherche Agronomique

Listes des sigles et abréviations

IPRAVI : Interprofession Avicole Ivoirienne

ITAVI : Institut Technique de l'Aviculture

Kcal : Kilocalorie

MAT : Matière azotée totale

MBB : Marge bénéficiaire brute

MBN : Marge bénéficiaire nette

MINADER : Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural

MM : Matière minérale

ppm : Poids partie par million

PRODEC : Projet de Développement des Espèces à Cycle Court

RE : Rentabilité économique

SATMACI : Société d'Assistance Technique pour la Modernisation de l'Agriculture en Côte d'Ivoire

SODEFOR : Société pour le Développement des Forêts

SODEPRA : Société pour le Développement de la Production Animale

T0 : Formulation de l'aliment ponte contenant 0 % tourteau de cajou

T1 : Formulation de l'aliment ponte 100 % de tourteau de cajou comme source principale de protéines végétales

T2 : Formulation de l'aliment ponte contenant deux sources de protéines végétales 50 % tourteau de cajou et 50 % tourteau de soja.

T3 : Formulation de l'aliment ponte contenant deux sources de protéines végétales (95 % tourteaux de cajou et 5 % tourteaux de coton)

UFAC : Union des Fabriques d'Aliments Commerciaux

UI : Unité internationale

UV : Ultra-violet

VPE : Vente des produits d'élevage

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Composition alimentaire des amandes de cajou (Lautié et al., 2001).....	12
Tableau 2: Compositions chimiques comparées des tourteaux de cajou, soja et de coton	14
Tableau 3: Niveau de biosécurité selon la FAO (FAO, 2006)	16
Tableau 4 : Temps de formation de l'œuf dans les organes de l'oviducte (Hy-Line International, 2017).....	21
Tableau 5 : Races de poules pondeuses les plus rencontrées dans les élevages en Côte d'Ivoire (Sidibé, 2013).....	25
Tableau 6: Caractéristiques des régimes recommandés pendant la période d'élevage de la poulette (Hy-line International, 2018).....	26
Tableau 7 : Dix premiers pays producteurs d'œufs dans le monde en 2022 (Pinson, 2022)....	37
Tableau 8 : Eléments majeurs du jaune d'œuf (Salifou, 2007)	40
Tableau 9 : Part relatives des constituants de l'œuf (This, 2008).....	46
Tableau 10: Composition moyenne de l'œuf de poule (par 100 g ; œuf sans coquille) (Nys & Sauveur, 2004)	47
Tableau 11 : Composition moyenne de l'œuf (100 g produit frais) (Nys & Sauveur, 2004) ..	47
Tableau 12: Modifications essentielles intervenant dans l'œuf en coquille après la ponte (Sauveur, 1988)	49
Tableau 13 : Classement par catégorie de poids (Réhault-Godber et al., 2017)	50
Tableau 14: Formulation des aliments distribués en phase croissance pour 100 kg.....	62
Tableau 15: Composition centésimale des aliments produites en phase pré-ponte	62
Tableau 16: Composition centésimale des aliments expérimentales distribuées en période de ponte.....	63
Tableau 17: Prophylaxie médicale appliquée pendant l'expérimentation	75
Tableau 18: Proportion d'impureté contenue dans les amandes de cajou et rendement de production.....	86
Tableau 19 : Rendement de production du tourteau de cajou	87
Tableau 20: Teneur en nutriments.....	87

Listes des tableaux

Tableau 21: Compositions minérales du tourteau de cajou produit	88
Tableau 22: Composition en acides aminés du tourteau de cajou produit	88
Tableau 23: Composition en vitamines du tourteau de cajou produit.....	89
Tableau 24: Teneur en nutriments des aliments distribuées au cours de la phase croissance..	90
Tableau 25 : Composition en macro-éléments des aliments de croissance.....	91
Tableau 26 : Teneurs en microéléments minéraux des aliments à la croissance	92
Tableau 27: Composition en acides aminés des aliments en phase de croissance	95
Tableau 28 : Teneurs en nutriments des aliments en phase de pré-pontes.....	96
Tableau 29 : Composition en macro-éléments minéraux des aliments distribuées en pré-ponte	97
Tableau 30 : Microéléments minéraux comparés des aliments de pré-ponte	97
Tableau 31 : Teneur en vitamines hydrosolubles des aliments en pré-ponte.....	98
Tableau 32 : Acides aminés essentiels limitants dosés dans les aliments en phase pré-ponte.	99
Tableau 33 : Acides aminés semi-essentiels limitants des aliments de pré-ponte	99
Tableau 34 : Acides aminés non essentiels des aliments distribués en pré-ponte.....	100
Tableau 35 : Teneur en nutriments des aliments produits et distribués aux poules pondeuses en phase de ponte	102
Tableau 36 : Macro-minéraux des aliments distribués en phase de ponte	103
Tableau 37 : Composition en micro-éléments minéraux des aliments pontes	103
Tableau 38 : Composition en vitamines des aliments distribués en phase de ponte	104
Tableau 39 : Aminogramme des aliments de ponte	105
Tableau 40 : Contrôle qualité des œufs du jour au cours de la ponte.....	139
Tableau 41: Evolution des poids moyens des œufs.....	140
Tableau 42 : Evolution de la densité des œufs dans de l'eau salinisée (10 %) au cours de la conservation	142
Tableau 43 : Evolution du poids des œufs au cours de la conservation.....	143
Tableau 44 : Evolution de la coloration jaune du vitellus.....	143

Listes des tableaux

Tableau 45 : Evolution de la hauteur du vitellus.....	144
Tableau 46 : Evolution de la portion du vitellus des œufs conservés	144
Tableau 47 : Evolution du poids de l'albumen des œufs conservés.....	145
Tableau 48 : Evolution de la hauteur de l'albumen des œufs conservés.....	145
Tableau 49 : Evolution de la portion du blanc d'œufs au cours de la conservation.....	146
Tableau 50 : Epaisseur moyenne des coquilles des œufs cassés	147
Tableau 51 : Poids moyens des coquilles des œufs conservés à l'air libre	147
Tableau 52 : Portion de la coquille des œufs conservés.....	148
Tableau 53 : Prix unitaire des matières premières et additifs alimentaires courant 2021	159
Tableau 54: Formulation et coût de production des aliments distribués en période de croissance	160
Tableau 55: Formulation et coût de production du kilogramme d'aliment pré-ponte	161
Tableau 56: Formulation de l'aliment ponte et coût du kilogramme d'aliment.....	162
Tableau 57: Coût de production des aliments distribués en phase croissance	163
Tableau 58: Coût de production des aliments distribués en phase pré-ponte	163
Tableau 59: Coût de production de l'aliment ponte distribué au cours de cette phase	164
Tableau 60: Vente des produits d'élevage	164
Tableau 61: Marge bénéficiaire brute et rentabilité économique.....	165

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Diversités de couleurs de la pomme de cajou (Firca,2011).....	7
Figure 2 : Différentes parties des amandes (Ouattara et al., 2023)	8
Figure 3 : Flux des exportations des noix brutes de cajou en 2017 (source : FIRCA, 2018) ..	11
Figure 4 : Organisation de la filière avicole ivoirienne (FIRCA, 2018)	19
Figure 5 : Formation de l'œuf dans l'oviducte (Hy-Line International, 2017).....	22
Figure 6: Zones de production d'œufs dans le monde en 2013 (Atia, 2019).....	36
Figure 7: Structure interne de l'œuf (source : Müller, 2018).....	42
Figure 8: Qualité interne de l'œuf (source : Müller, 2018).....	43
Figure 9: Différentes parties d'une coquille de l'intérieur vers l'extérieur.....	44
Figure 10 : Bâtiment d'expérimentation	54
Figure 11: Matériel animal	55
Figure 12 : Triage des amandes de cajou	57
Figure 13 : Pressage et extraction de l'huile d'amande de cajou	58
Figure 14 : Concassage des blocs de tourteaux humides de cajou.....	58
Figure 15 : Tourteaux de cajou séchés sur une bâche noire.....	59
Figure 16 : Diagramme de selection des poulettes et poules	73
Figure 17 : Composition en vitamine des aliments de croissances	92
Figure 18 : Profil chromatographique par HPLC des acides aminés dans l'extrait de l'aliment C0	94
Figure 19 : Profil chromatographique par HPLC des acides aminés dans l'extrait de l'aliment C1	94
Figure 20 : Profil chromatographique par HPLC des acides aminés dans l'extrait de l'aliment C2	94
Figure 21 : Profil chromatographique par HLPC des acides aminés dans l'extrait de l'aliment C3	94
Figure 22 : Croissance moyenne des poulettes	117

Liste des figures

Figure 23 : Evolution des ingrédients alimentaires des poulettes pendant la phase croissance ...	118
Figure 24: Evolution du GMQ	119
Figure 25 : Evolution des indices de consommation.....	120
Figure 26 : Consommation moyenne d'aliment à la fin de la phase de pré-ponte.....	121
Figure 27 : Indice de consommation	121
Figure 28: Evolution des gain moyen quotidien (GMQ) au cours de la phase pré-ponte.....	122
Figure 29 : Evolution du poids moyen des poulettes au cours de la phase pré-ponte.....	123
Figure 30 : Evolution des aliments consommés au cours de la ponte.....	124
Figure 31 : Evolution des indices de consommation durant la ponte.....	124
Figure 32: Nombre d'œufs pondus.....	125
Figure 33 : Evolution des poids moyen des œufs.....	126
Figure 34 : Evolution de la ponte	127
Figure 35 : Œufs déclassés	127
Figure 36 : Evolution de la mortalité en phase de ponte	128
Figure 37 : Evolution de l'indice de forme des œufs au cours de la ponte	136
Figure 38 : Évolution de la perte de poids des œufs au cours de la conservation.....	141
Figure 39 : Evolution de l'unité Haugh des œufs conservés.....	146
Figure 40 : Part du coût de l'aliment dans le coût global de la production.....	165

Introduction

Le secteur avicole ne cesse de se développer et de s'industrialiser dans de nombreuses régions du monde. La croissance de la population, l'urbanisation, ainsi qu'un plus grand pouvoir d'achat ont été de puissants moteurs favorisant cette croissance (FAO, 2020). L'élevage constitue une importante source de revenus pour une grande partie des populations dans les pays au Sud du Sahara. Associée à l'agriculture, il contribue de manière significative à la lutte contre la pauvreté dans les pays en voie de développement (Moustier & David, 2001) où il détient plus de 30 % du Produit Intérieur Brut (PIB) agricole (Bruinsma, 2003).

L'économie ivoirienne est basée sur l'agriculture qui emploie les 2/3 de la population active. Elle contribue pour 34 % au Produit Intérieur Brut (PIB) total et au revenu d'exportation pour 66 %. L'élevage reste encore une activité économique secondaire. Sa contribution au PIB agricole est de 4,5 % et de 2 % au PIB total pour l'élevage et 0,2 % au PIB et 0,9 % au PIB agricole pour le secteur des pêches et de l'aquaculture.

Le potentiel productif en animaux intervient directement dans le processus de transformation socio-économique et entre dans la sécurisation alimentaire et nutritionnelle des populations à plusieurs égards. En effet, l'élevage, la pêche et l'aquaculture, en tant qu'activité de production, s'inscrit dans la même dynamique, celle de sortir ou d'éviter que les hommes et les femmes rentrent dans le cycle vicieux de la pauvreté. Toutefois, elle touche en majorité les populations rurales (62,45 %) et de plus en plus celle des villes (24,5 %) (Ministère Ivoirien des Ressources Animales et Halieutiques, 2014).

Afin de répondre aux besoins de plus en plus croissants des populations en protéines animales, la Côte d'Ivoire a initié dès les années 1960, divers programmes de développement de ressources animales. En ce qui concerne le secteur avicole, les premiers programmes ont porté essentiellement sur la création de centres d'élevage avicole dans certaines villes du pays (Bingerville, Bouaké, Daloa...) (FIRCA, 2011). La filière avicole ivoirienne est composée de deux types d'élevage, l'un est traditionnel et l'autre moderne. L'élevage traditionnel couvre l'ensemble du territoire national alors que l'élevage moderne est concentré autour de grandes villes. Au niveau traditionnel, c'est près de 24 700 000 têtes de volailles de races locales qui sont produites chaque année, représentant ainsi 76 % de l'effectif total de volailles (IPRAVI, 2014). Au niveau de l'élevage moderne, la production est d'environ 7600000 têtes par an et représente 24 % de l'effectif total. La filière avicole moderne est une activité orientée sur le marché. Dans sa fiche de présentation de l'aviculture ivoirienne en 2016, l'IPRAVI considère que 170 000 emplois sont créés par cette filière dont 50 000 emplois directs et 120 000 emplois

indirects pour un chiffre d'affaires global de 150 Milliards F cfa. La filière avicole ivoirienne couvre 96 % des besoins des populations ivoiriennes en volailles (Ducroquet *et al.*, 2017).

La contrainte majeure en élevage est la qualité et le coût de l'aliment (CNRA, 2014). Le coût des aliments représente 60 - 75 % du coût total des productions (Chiba, 2014). D'ailleurs, il est dit que l'alimentation représente la part importante du coût de la production (Dronne, 2019). Or, elle apparaît comme l'une des contraintes majeures, avec notamment la non-disponibilité, le prix élevé des ingrédients alimentaires protéiniques tels que la farine de poisson et le tourteau de soja (Ayssiwédé *et al.*, 2013). De plus, la satisfaction en intrants alimentaires est d'autant plus cruciale qu'on assiste sur le marché international au renchérissement du coût des matières ordinaires, en particulier du maïs. Ce dernier constitue la principale source d'énergie. Certaines matières premières protéiques (soja, arachide, farine de poisson) qui du fait de la concurrence entre homme et l'animal et de leur détournement vers la production de biocarburants, posent des problèmes de disponibilité (Doumbia, 2002). Aussi, dans la plupart des pays subsahariens, les sources conventionnelles de protéines telles que les tourteaux de soja, d'arachide et la farine de poisson sont en effet rares et donc coûteuses (Dahouda *et al.*, 2009). Par ailleurs, la crise sanitaire due à la Covid19 a favorisé l'enchérissement des coûts des matières premières importées qui a eu pour conséquence directe la cherté du coût de production des pondeuses. Les tourteaux de coton et la farine de poisson achetés sur place ne sont pas toujours disponibles créant des ruptures de stock. En outre, le tourteau de soja, la troisième source de protéines, est importé (Ducroquet *et al.*, 2017). Dès lors, l'équilibre protéique de l'aliment coûte cher alors qu'il est l'un des principaux déterminants du résultat technico-économique en production avicole. Quant aux nutritionnistes européens, ceux-ci s'éloignent régulièrement du modèle « céréale-soja » en valorisant divers sous-produits et protéagineux (Silué *et al.*, 2020).

Pour pallier à toutes ces difficultés, la recherche et la valorisation de ressources alimentaires alternatives et disponibles localement dans l'alimentation des poulets, s'offrent comme la meilleure solution. Ces ressources devraient permettre d'améliorer la productivité tout en maintenant les coûts des intrants et de production en dessous du niveau de l'inflation dans ce système. La Côte d'Ivoire présente une diversité de produits agricoles (café, cacao, cajou, coton, palmier à huile, noix de coco, canne à sucre, maïs, riz, sorgho, arachide, soja, etc.) (Bédé, 2015), dont les résidus de transformation peuvent être valorisés et utilisés en alimentation animale. Le tourteau de cajou s'inscrit dans cette gamme de produits agricoles. En effet, la noix de cajou est une matière première disponible en abondance en Côte d'Ivoire. Le pays est le premier producteur mondial de noix brutes de cajou (Ministère Français de

l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire, 2019). La valorisation par incorporation dans les alimentss pour les volailles, notamment poules pondeuses, permettra non seulement de corriger le déficit en protéines des aliments d'une part et de participer à la transformation des noix brutes de cajou d'autre part. ainsi, des travaux antérieurs ont montré que le tourteau de cajou avec une teneur en protéines de 29,5 % (Kouakou *et al.*, 2018) répond aux exigences principales d'élevage des poules pondeuses dont les besoins en protéines se situent entre 17 et 22 %. Dans les travaux de Silué *et al.* (2020), le tourteau de cajou a été utilisé à des proportions comprises entre 0 à 20 % comme source de protéines végétales dans l'alimentation des poules pondeuses.

Bien que certaines études aient été consacrées à l'incorporation du tourteau de cajou dans des aliments destinés aux poules pondeuses en Côte d'Ivoire, très peu de travaux ont porté sur la substitution du tourteau de cajou au tourteau de soja comme source de protéines végétales dans les formulations d'aliments destinés aux poulettes. L'objectif principal de cette thèse est de contribuer à la valorisation du tourteau de cajou par incorporation dans les formulations de alimentss destinés aux pondeuses.

Il s'agit plus spécifiquement de :

- produire et déterminer les caractéristiques physico-chimiques du tourteau de cajou et des aliments formulés au cours de cette étude ;
- déterminer l'influence de l'incorporation du tourteau de cajou dans les aliments sur les performances zootechniques des pondeuses ISA Brown ;
- évaluer la qualité des œufs des pondeuses (ISA Brown) nourries avec les aliments à base de tourteau de cajou ;
- déterminer l'impact de l'incorporation du tourteau dans les aliments sur la rentabilité économique des pondeuses.

Les expérimentations ont porté sur les poules pondeuses ISA Brown, car elles sont universellement reconnues pour leur productivité exceptionnelle. Ce sont des pondeuses à œufs bruns les plus efficaces, les plus fiables et les plus rentables au monde (ISA, 2023).

Ce mémoire s'articule autour de trois (3) grandes parties. La première porte sur les généralités. La deuxième partie est consacrée au matériel et aux méthodes utilisés pour la réalisation de cette étude. La troisième partie présente les résultats qui sont discutés. Une conclusion générale achève le manuscrit.

Première partie : Généralités

1. Anacardier (*Anacardium occidentale* L)

1.1. Historique

De son nom scientifique *Anacardium occidentale* L, est une espèce de la famille des Anacardiacees (Niang, 2002 ; Malou, 2014). Cette famille contient 73 genres et 600 espèces. L'anacardier est un arbre originaire du Brésil (Lacroix, 2003 ; Lyannaz, 2006). Il a été découvert par les Espagnols (Lyannaz, 2006) et les Portugais l'ont introduit au 16^{ème} siècle dans leurs colonies d'Afrique et d'Asie (Lautié *et al.*, 2001 ; Trekpo, 2003) ; en premier lieu au Mozambique et dans l'état du Kerela en Inde. Une tribu d'Indiens les Tupis, le désignait par « Acaju ». Afin de le différencier du bois précieux acajou, les Français ont raccourci le terme pour en faire « cajou ».

L'anacardier est une plante qui est aujourd'hui largement cultivée dans toutes les zones tropicales, comme en Afrique, aux Antilles, dans le Nord-Est brésilien, en Asie du Sud-Est et en Inde. En Afrique, l'anacarde est rencontré en Côte d'Ivoire, en Tanzanie, en Guinée-Bissau, au Bénin, au Burkina Faso, au Ghana, en Mozambique, en Madagascar, au Nigéria, au Togo et au Sénégal (Coly, 2016).

1.2. Taxonomie et classification

La classification de l'anacardier est présentée comme suit (CIRAD & GRET, 2002) :

Règne	: Végétal
Embranchement	: Spermaphytes
Sous-embranchement	: Angiospermes
Classe	: Dicotylédones
Ordre	: Sapindales
Famille	: Anacardiacees
Genre	: <i>Anacardium</i>
Espèce	: <i>Anacardium occidentale</i>

La plante est connue sous plusieurs noms vernaculaires. En français, on l'appelle anacardier ou cajou ; en anglais cashew et acaju en portugais.

1.3. Description de l'anacardier

L'arbre produit un feuillage épais, une noix et un pédoncule élargi et sucré, appelé « faux fruit » ou pomme de cajou. Les fleurs mâles ou hermaphrodites, blanches ou jaunes, pâles striées de rose sont nombreuses, regroupées en panicules terminales et odoriférantes. La

Généralités

fructification s'effectue en deux stades : c'est le vrai fruit, ou noix de cajou, qui se développe en premier lieu. Ce n'est que lorsque cette noix a atteint son volume maximum (en 30 - 35 jours), que le pédoncule, jusque-là normal, se développe considérablement et très rapidement, devenant charnu et se transformant ainsi en une "pomme" de cajou, tandis que la noix, perdant de l'humidité, diminue de volume et durcit (Olossoumaï & Agbodja, 2001). Le fruit de l'anacardier offre donc un aspect inhabituel : la noix ressemble à un appendice placé sous la pomme. Les noix sortent également de l'ordinaire : elles sont réniformes, de 3 à 5 cm de long et de 2 à 3,5 cm de large selon la variété (Diatta, 2019). Il y a aussi une grande diversité de couleurs de la "pomme" allant du jaune au rouge selon la variété cultivée (Figure 1).



Figure 1: Diversités de couleurs de la pomme de cajou (Firca,2011)

Les noix sont récoltées quand les "pomes" tombent au sol puis sont mises à sécher pendant quelques jours. La partie extérieure de la coque est spongieuse, contrairement à la partie intérieure qui est très dure et adhère à l'amande. Ces particularités rendent très difficile l'obtention des amandes par des techniques de broyage classiques. Il faut donc les ouvrir à la main en frappant à petits coups un endroit bien précis de la coque externe pour amorcer une petite fente, et l'élargir ensuite avec précautions. Une légère torréfaction facilite l'opération. Cette manipulation se fait presque exclusivement en Inde pour la production mondiale de noix de cajou. Elle est réalisée par des centaines de femmes qui se protègent les mains avec des gants ou tout autre moyen, car la coque externe du cajou contient un liquide extrêmement corrosif : le CNSL (Cashew Nut Shell Liquid). Ce produit (appelé baume de cajou en Afrique) est une résine phénolique contenant 90 % d'acide anacardique et présentant des propriétés uniques. Il est très utilisé dans la fabrication d'éléments de friction (freins, embrayages), l'industrie de revêtements spéciaux (peintures marines, vernis, matières plastiques...) et des insecticides. Une

ouvrière peut obtenir en moyenne 6 à 12 kg d'amandes (les "noix" que nous mangeons à l'apéritif) par jour à partir d'une quarantaine de kilogrammes de noix (Kombate, 2012). La noix est considérée comme son fruit au sens botanique (Lautié *et al.*, 2001), elle pèse le tiers du poids du fruit entier. L'amande de cajou est recouverte par une pellicule (Figure 2).

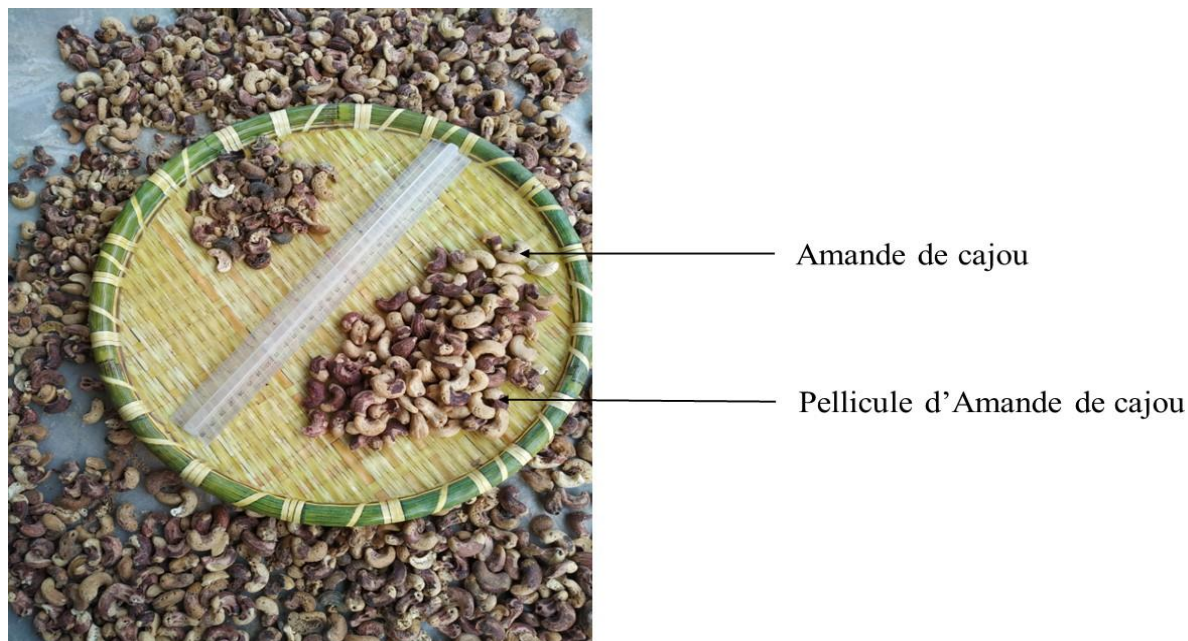


Figure 2 : Différentes parties des amandes (Ouattara *et al.*, 2023)

1.4. Ecologie de l'anacardier

L'anacardier tolère une large gamme de types de sol et de conditions climatiques. Il peut pousser sur des sols acides et pauvres. Il accepte les cultures intercalaires jusqu'à l'âge adulte, ce qui permet de réduire les frais d'entretien. Les sols meubles profonds et bien drainés conviennent à la plante. Du point de vue chimique, il est souhaité des sols pourvus de calcium et faibles en potassium. Il peut pousser très vite, et peut supporter une pluviométrie allant de 500 à 4000 mm de pluie par an. Il exige cependant de 1000 à 2000 mm de précipitations annuelles et une saison des pluies durant quatre à six mois pour produire des fruits de façon satisfaisante. Bien que rustique, il se développe de préférence à des altitudes inférieures à 1000 m, dans les zones tropicales chaudes ayant une alternance de saisons chaudes et humides. Il s'adapte à divers sols, mais préfère des sols légers, sableux, profonds, bien drainés avec une teneur d'environ 25 % d'argile car son pivot est très sensible à l'inondation. Il supporte des températures de 12 – 32 °C (Olosoumai & Agbodja, 2001). Il se caractérise par de larges feuilles étendues, bien adapté aux sols pauvres avec le pH de 4,5 à 6,5 (Aliyu, 2007).

Il exige, pour la fructification, une bonne insolation sur sa couronne, une saison sèche bien marquée (4 à 6 mois) et une faible humidité de l'air (inférieure à 80 %). C'est pour cela que

l'éclaircissage et la taille des branches sont les plus importantes des opérations d'entretien de la plante. Il convient par excellence pour le climat semi-aride tropical. La production des fruits démarre entre 3 et 5 ans à partir de la date de mise en place de la culture et ce jusqu'à l'âge de 30 à 40 ans. La productivité varie en condition de 500 à 900 kg / ha de noix d'acajou (Son & Traore, 2002). Par ailleurs, l'anacardier se rencontre aujourd'hui pratiquement partout entre 31° de latitude Nord et 31° de latitude Sud sous des dénominations très variables (Lautie *et al.*, 2001).

1.5. Production mondiale de noix brutes de cajou

Au niveau mondial, 33 pays produisent la noix brute de cajou, dont 16 pays en Afrique. Les 10 plus grands producteurs sont : le Vietnam, l'Inde, le Brésil, la Côte d'Ivoire, le Bénin, le Nigéria, la Guinée Bissau, la Tanzanie, les Philippines et l'Indonésie. Ils produisent 91 % de la production mondiale de noix. L'Afrique (50 %) et l'Asie (47 %) produisent 97 % de l'offre mondiale de noix brute de cajou. L'Afrique de l'Ouest fournit au moins 90 % de l'offre africaine de noix brute de cajou, contre 9,9 % pour l'Afrique de l'Est (Issaka, 2019).

1.6. Evolution de la production de l'anacarde en Côte d'Ivoire

1.6.1. Bref historique de la Filière Anacarde

L'anacarde est l'une des cultures industrielles et d'exportation les plus importantes de la Côte d'Ivoire. En dehors de cette culture, les autres cultures industrielles et d'exportation sont le cacao, le café, le coton, le palmier à huile, l'hévéa, la canne à sucre, la banane, l'ananas, la mangue, et les noix de coco (Ducroquet *et al.*, 2017).

Ducroquet *et al.* (2017) ont rapporté que l'anacarde a été introduite en Côte d'Ivoire dans les années 1960 par la Société d'Assistance Technique pour la Modernisation de l'Agriculture (SATMACI) et la Société pour le Développement des Forêts (SODEFOR), dans le cadre des programmes de protection de l'environnement et de lutte contre l'érosion et la déforestation. Dans les années 1960, un programme de reboisement des savanes du Nord et du Centre de la Côte d'Ivoire a été mis en place par le Gouvernement de la Côte d'Ivoire (Volvey *et al.*, 2008). Ce projet piloté par l'ex-Société d'Assistance Technique pour la Modernisation de l'Agriculture en Côte d'Ivoire (SATMACI) et la Société pour le Développement des Forêts (SODEFOR) en partenariat avec les populations rurales, avait pour but de lutter contre la déforestation, l'érosion et les feux de brousse (Lebailly *et al.*, 2012). En effet, ces zones savaniques du Nord de la Côte d'Ivoire subissaient une destruction très poussée du couvert arboré. De plus, la porosité du sol empêchait l'absorption de l'eau et favorisait le ruissellement ; ce qui limitait la reconstitution naturelle du couvert végétal (Volvey *et al.*, 2008). Ainsi, des

vergers d'anacardiens adaptés à ces types de sols, ont été introduits dans cette partie du pays. Ces vergers ont été cédés aux populations rurales du nord, mais pendant longtemps, ces populations ont trouvé peu d'intérêt à les entretenir. C'est à partir des années 1970 que les producteurs ont pris conscience de l'intérêt économique de l'anacarde. Entre 1990 et 1995, les populations rurales du nord ont progressivement eu un engouement pour la culture d'anacardier car en cette période, les acheteurs indiens développaient discrètement le marché de l'anacarde sans l'initiative ni le soutien d'organisations de développement agricole (Ricaud & Konan, 2010). Aujourd'hui, la superficie des vergers d'anacardiens est estimée à plus de 1 400 000 hectares appartenant à plus de 420 000 producteurs (FIRCA, 2023).

1.6.2. Production ivoirienne de noix brutes de cajou

La production d'anacarde par la Côte d'Ivoire a connu un développement spectaculaire dans le temps. Estimé par le MINADER à 9 900 tonnes de noix brutes en 1990, elle est passée à 75 000 tonnes en 1999, 330 000 tonnes en 2008 et 702 000 tonnes en 2015, faisant de la Côte d'Ivoire le premier producteur mondial devant l'Inde (650 000 tonnes) et le Vietnam (325 000 tonnes) sur une production mondiale estimée à 2,9 millions de tonnes.

La production d'anacarde de la Côte d'Ivoire en 2015, représentait 24,2 % de la production mondiale. La quantité exportée était de 665 000 tonnes, soit 94,7 % de la production, vendue notamment vers l'Inde, le Vietnam et le Brésil qui disposent d'industries de transformation grands demandeurs de noix de cajou. Le reste de la production est transformé localement. En 2017 la production a été de 711 236 tonnes de noix de cajou sur une prévision de 715 000 tonnes. Ce niveau de production représente la moitié de la production d'Afrique de l'Ouest et 22 % de la production mondiale en 2017 permettant à la Côte d'Ivoire de maintenir la place du premier producteur mondial d'anacarde acquise depuis 2015. La Côte d'Ivoire prévoit une production d'environ 750 000 tonnes en 2018, indiquant que l'augmentation de la production continue (Jeske & Konon, 2018).

Comme bilan 2021, il ressort qu'au terme de la campagne, la production nationale de noix de cajou a atteint 968 676 tonnes, soit une hausse de 14 % par rapport à 2020 qui avait enregistré une production de 848 700 tonnes. Le flux d'exportation des noix brutes d'anacarde de la Côte d'Ivoire vers les trois grandes destinations est présenté sur la figure 3. Le Viêt-Nam a accueilli sur son territoire, 72 % de la production nationale contre 24 et 4 % pour l'Inde et les autres pays respectivement (FIRCA, 2022).

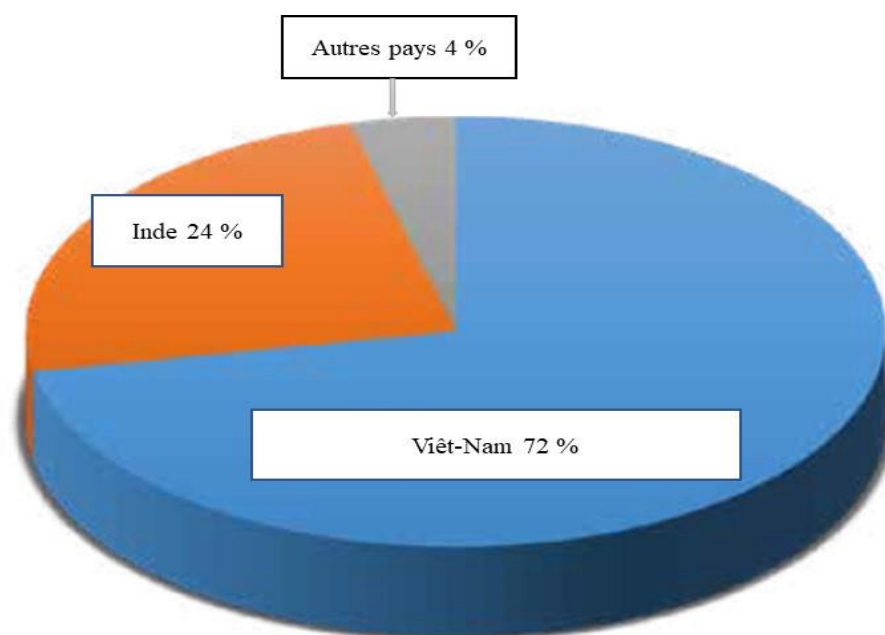


Figure 3 : Flux des exportations des noix brutes de cajou en 2017 (source : FIRCA, 2018)

1.6.3. Transformation des noix de cajou en Côte d'Ivoire

Le secteur de la transformation de l'anacarde recèle d'importants atouts et opportunités. Il existe un large éventail de possibilité de transformation de la noix de cajou : les amandes fraîches, les amandes rôties et salées, le baume de cajou (sous-produit utilisé comme tannin, lubrifiant, matériau isolant, en pharmacologie et dans la fabrication de vernis), l'huile de cajou (utilisée en diététique, en pharmacie et en cosmétique), les jus, les fruits séchés et les confitures (à partir de la pomme de cajou), le combustible solide (avec les coques de noix). La production nationale a plus que doublé en une décennie. Le taux de transformation locale est passé de 1 % (4 157 tonnes) en 2008 à 9 % (66 800 tonnes) en 2018 (FIRCA, 2018). Cette transformation consiste essentiellement à décortiquer les noix de cajou pour en extraire les amandes (Annexe 1). Cette activité apporte une valeur ajoutée de 100 F / kg (RONGEAD, 2014). Le taux de transformation locale a atteint 14,1 % en 2021 avec 136854 tonnes et 21,25 % en 2022 avec plus de 1028000 tonnes (APAnews, 2023). Actuellement, la Côte d'Ivoire occupe le 3^{ème} rang des pays transformateurs et fournisseur mondial d'amandes de cajou.

Par ailleurs, depuis 1970, le traitement industriel de la noix de cajou tend vers une mécanisation complète de la ligne de production. Cependant, des difficultés importantes se présentent, liées à la disparité de la taille des noix et à la nature cassante des amandes. En fonction de la variété, l'amande de cajou se caractérise par sa richesse en acides gras essentiels, notamment en acides linoléique et oléique qui composent 20 % et 60 % de la matière grasse respectivement. Elle est également riche en protéines et possède une composition en acides

aminés semblable à celle de la graine de soja. Dans certains cas, elle peut cependant présenter une déficience en isoleucine. Les vitamines PP, E et B1 y sont présentes à des teneurs intéressantes soit, respectivement, 3,68 ; 2,10 et 0,56 mg pour 100 g d'amande (Semporé *et al.*, 2022).

L'amande de cajou contient 45 % de matières grasses (35 % de lipides insaturées), 21 % de protides et de nombreuses vitamines et sels minéraux (Tableau 1) (Lautié *et al.*, 2001). Elle est utilisée dans l'agroalimentaire (amande frite, pâte d'amande, huile...), en pharmacologie et en cosmétique (savon) (Ouedraogo *et al.*, 2017). Elle peut être consommée crue mais également grillée et salée sous forme « d'amuse-bouche », cette utilisation est de plus en plus répandue en Europe et aux États-Unis et elle aurait de nombreux effets bénéfiques sur la santé.

Tableau 1 : Composition alimentaire des amandes de cajou (Lautié *et al.*, 2001)

Nutriments	Teneurs
Eau (%)	5,5
Glucides (%)	26
Protides (%)	21
Cendres brutes (%)	2,5
Lipides (%)	45
Vitamines PP (mg / 100 g)	3,68
Vitamines E (mg / 100 g)	2,10
Vitamines B1 (mg / 100 g)	0,56

1.7. Voies de valorisation des co-produits de l'anacarde

1.7.1. Usages alimentaires et médicinal de l'anacarde

1.7.1.1. Pomme de cajou

La pomme cajou ou faux fruit se compose d'une masse charnue, aromatique et sucrée. Elle est riche en glucides, en protéines et contient de l'acide ascorbique facilement digestible. Elle est utilisée pour enrichir des aliments. Aussi, elle est utilisée dans la fabrication du vinaigre et la boisson alcoolisée (vin de 4 à 5°). Elle est également utilisée dans la fabrication de la confiture avec la pomme et l'aliment de bétail avec la pomme séchée (Kombate, 2012).

Le vin de cajou passe pour être un dépuratif énergétique, anti dysentérique et aussi diurétique, employé en frictions contre les rhumatismes, utilisé en gargarismes et est efficace contre les

aphtes de la bouche. Il est aussi indiqué contre les catarrhes et pour arrêter les vomissements (Niang, 2002).

1.7.1.2. Amande de cajou

L'amande de cajou a une teneur faible en graisse insaturée. Elles sont utilisées comme « amuse-gueule » ; les amandes torréfiées salées ou non constituent la forme d'utilisation la plus répandue. Elles sont également utilisées dans la fabrication des huiles ou Cashew Nut Kernel Oil (CNKO) pour la consommation humaine ou animale. Cette huile à grande valeur biologique est comparable à l'huile d'olive ou de soja. Il y a une possibilité de fabriquer du beurre de cajou à partir des amandes. Des usages médicaux divers sont prouvés par certains auteurs (Kombate, 2012).

Par ailleurs, certaines de ces amandes (cassées, poudres, ...) peuvent être utilisées pour produire des tourteaux de cajou pour l'alimentation animale (Annexe 1). Les téguments ou pellicules sont transformés en aliment pour volailles à cause de leur richesse en protéines (Lautié *et al.*, 2001 ; Soro, 2012).

1.7.2. Usages industriels de l'anacarde

1.7.2.1. Mésocarpe

La noix de cajou offre des produits secondaires qui ont un intérêt économique. Ce sont les coques, qui servent de combustible et qui peuvent être utilisées aussi pour la fabrication de panneaux agglomérés très résistants aux insectes et à l'humidité (Soro, 2012). Du mésocarpe, il est extrait le baume de cajou ou Cashew nut Shell liquid (CNSL). Cette huile essentielle est dense, visqueuse et riche en matières phénoliques. Après polymérisation, elle permet divers usages industriel et artisanal ; vernis, protection des métaux, isolant électrique, garnitures de freins, pesticides, anti-émulsionnant, solvant, etc (Kombate, 2012).

1.7.2.2. Ecorce et feuille

L'écorce, riche en tanins est utilisée en tannerie. Elle contient 4 à 9 % de tanins. Elle permet de faire le tannage, de préparer l'encre indélébile et de fabriquer du métal d'apport pour le soudage des métaux grâce à sa teneur en cardol et en acide anacardique (Kombate, 2012). Elle possède également des propriétés médicales (constipations, aphtes,...). Beaucoup de guérisseurs préconisent la poudre d'écorces en fusion dans l'eau comme anti hypertensive. La macération de l'écorce dans de l'eau est utilisée contre le diabète. Aux Antilles et en Amérique du Sud, l'infusion aqueuse des feuilles et de l'écorce d'anacardier est préconisée dans le traitement de la diarrhée, de l'indigestion et des troubles stomacaux (Niang, 2002). Les feuilles servent aussi de condiments et ont certaines propriétés thérapeutiques (brûlures) (Soro, 2012).

1.7.2.3. Bois et gomme

Le bois sec de l'anacardier peut servir à la fabrication des caisses d'emballage. La gomme, elle a des propriétés pouvant servir à la préparation d'adhésifs (Kombate, 2012). Les gommes d'anacarde, exsudats qui s'écoulent du tronc et des branches des vieux arbres, servent à préparer des colles inattaquables par les insectes (pour les reliures) et à éliminer les verrues et les cors (Soro, 2012).

1.8. Valorisation du tourteau de cajou

Silué *et al.* (2020) ont montré que le tourteau d'amandes de noix de cajou ne contiendrait pas de facteurs antinutritionnels létaux pour la volaille. Selon certains travaux, plutôt ils contiennent une quantité intéressante de substances nutritionnelles excellentes telles que les acides aminés pour la viabilité des poules aussi bien en cage qu'au sol. Le tourteau de cajou est une excellente source de protéine pour les volailles.

Le tableau 2 présente les compositions chimiques des tourteaux de cajou, de soja et de coton. A l'analyse, le tourteau de cajou a une teneur en protéines de 29,50 %. Ce taux est inférieur à ceux des tourteaux de soja et de coton de 45,49 % et 43,40 % respectivement. Quant aux teneurs en matière grasse, elle est plus élevée que celles des tourteaux de soja et de coton. La cellulose brute du tourteau de cajou est sensiblement identique à celle du tourteau de soja. Toutefois, la teneur en matière minérale du tourteau de cajou reste le plus faible que celle des tourteaux de soja et de coton.

Tableau 2: Compositions chimiques comparées des tourteaux de cajou, soja et de coton

Tourteaux	MM					EM (Kcal / 100 g)	Sources
	MS (%)	MG (%)	MAT (%)	CB (%)	(%)		
Cajou	90,8	21,4	29,5	6,3	4,1		+
Soja	87,80*	1,90*	45,30*	6,00*	6,30*	2300*	*
Coton	92,30**	11,90**	43,40**	11,90**	6,90**		**

+ Kouakou *et al.* (2018) ; * Sauvant *et al.* (2004) ; ** Dazoundo & Senahoun (2010) ; MS : Matière sèche ; MG : Matière grasse ; MAT : Matière azotée totale ; CB : Cellulose brute), MM : Matière minérale ; EM : Energie métabolisable.

Aussi, des travaux antérieurs ont montré que le tourteau de cajou a des teneurs en protéines et lipides de 25,75 % et 21,98 % respectivement (Silué *et al.*, 2020). Il renferme une matière sèche de 90,8 %, des cendres brutes de 4,1 % et des celluloses brutes de 6,3 % (Kouakou *et al.*, 2018). Il contient également une humidité de 6,9 %, un taux de glucide de 27,9 %, de calcium 0,2 %, et de phosphore 0,7 % Wardowski & Ahrens (1990).

2. Aviculture en Afrique de l'Ouest et en Côte d'Ivoire

L'aviculture en Afrique de l'Ouest est un secteur en plein essor. C'est une activité complexe dont l'importance varie d'un pays à l'autre. Au Bénin, pays de plus de 7 millions d'habitants, deux grands types d'aviculture sont pratiqués. Il s'agit de l'aviculture villageoise qui basée sur l'élevage de races locales suivant un système extensif, et l'aviculture moderne, basée sur l'élevage de races importées (Guezodje, 2009). C'est le même schéma qui se retrouve dans la plupart des autres pays en Afrique de l'Ouest. La filière « industrielle » est assez jeune et très dynamique, avec un taux de croissance autour de 8 % par an. L'aviculture moderne dans la sous-région Ouest Africaine est une filière qui se développe beaucoup plus rapidement dans les pays côtiers qui disposent d'un marché urbain important ; les deux pays où cette aviculture connaît un essor important sont la Côte d'Ivoire et le Sénégal (UEMOA, 2008). On y rencontre des élevages aux effectifs importants, utilisant des systèmes de production modernes. Au niveau des échanges sous régionaux, le Sénégal exporte 10 à 12 % de sa production. La Côte d'Ivoire exporte des poulets issus des élevages industriels, mais importe également des volailles traditionnelles du Mali et du Burkina Faso. La filière avicole en Afrique et particulièrement en Afrique de l'Ouest se caractérise par un système d'élevage noté de 1 à 4, selon un ensemble de critères (FAO, 2006). Il s'agit des :

- système 1 : appelé système industriel intégré. Les élevages dans ce secteur ont un niveau de biosécurité élevé. La production est à but commerciale ;
- système 2 : encore appelé système commercial à grande échelle. Le secteur 2 est caractérisé par des élevages dont le niveau de biosécurité est modéré parfois élevé ;
- système 3 : où le niveau de biosécurité est faible parfois minimal. L'essentiel de la production est vendu au niveau des marchés de volailles vivantes. Il correspond au système commercial à petite échelle ;
- système 4 : qui correspond à l'aviculture familiale dont l'essentiel de la production est consommé localement. Le niveau de biosécurité dans ces élevages est minimal.

Ces critères sont basés sur le niveau de sécurité alimentaire, la race exploitée, les soins et conseils vétérinaires, le contact avec la faune et avec d'autres volailles domestiques, le mode d'élevage... (Tableau 3). Par ailleurs, tous les pays Ouest-Africains ont une réelle expérience en élevage de races améliorées, même si les niveaux de production sont différents. La majorité des élevages est plutôt de type 2 et 3, et les niveaux de biosécurité sont le plus souvent faibles. Au fil des années, la production en œufs de consommation a pris le pas sur celle de la viande (FAO & IFIF, 2013).

Généralités

Tableau 3: Niveau de biosécurité selon la FAO (FAO, 2006)

Critères de classification (Niveau de biosécurité)	Systèmes 1 (Elevé)	Systèmes 2 (Moyen)	Systèmes 3 (Faible)	Systèmes 4 (Inexistant ou très Faible)
Destination des produits avicoles	Exportation, urbaine	Urbaine/Rurale	Urbaine/Rurale	Rurale / Urbaine
Importances des intrants	Elevée	Elevée	Elevée	Faible
Importance de la qualité des voies de communication	Elevée	Elevée	Elevée	Faible
Implantation	En périphérie des grandes villes	En périphérie des grandes villes	Villes moyennes ou zones rurales	Partout, essentiellement dans des zones éloignées ou enclavées
Mode d'élevage	Enfermées	Enfermées	Enfermées/semi divagation	Essentiellement en divagation
Bâtiment	Fermé	Fermé	Fermé/ouvert	Ouvert
Contact avec d'autres poules	Aucun	Aucun	Oui	Oui
Contact avec les canards	Aucun	Aucun	Oui	Oui
Contact avec la faune	Aucun	Aucun	Oui	Oui
Approvisionnement en vaccins	Marché (libéral)	Marché (libéral)	Marché (libéral)	Etat/Marché (libéral)
Soins et conseils vétérinaires	Internes	Externes	Externes	Irréguliers, dépendant des services vétérinaires publics
Race exploitée	Améliorée	Améliorée	Améliorée	Rustique +/- métissée
Niveau de sécurité alimentaire des producteurs	Elevé	Bon	Bon	Bon ou faible

2.3. Aviculture en Côte d'Ivoire

2.3.1. Historique et importance économique

L'histoire de l'aviculture moderne en Côte d'Ivoire remonte aux années 1960 avec la création de centres d'élevage avicole dans certaines villes du pays (Bingerville, Bouaké, Daloa,...). L'objectif de ces centres était d'assurer l'encadrement technique des opérateurs et leur approvisionnement en intrants (FIRCA, 2017). En Côte d'Ivoire, le développement de l'aviculture moderne a été impulsé par l'Etat à travers la Société de Développement des Productions Animales (SODEPRA), créée en 1972. A partir de l'année 1976, des structures privées ou d'économie mixte se sont installées pour suppléer l'Etat dans l'encadrement et la distribution des intrants. Par la suite, la disparition de la SODEPRA en 1992 a favorisé l'émergence des Organisations professionnelles Agricoles (Koffi, 2015).

L'Interprofession Avicole Ivoirienne (IPRAVI) a été ainsi créée en 1995. Le secteur en amont compte un cheptel reproducteur de près de 280 000 têtes. L'accoupage est assuré par une douzaine de couvoirs qui ont produit 20 millions de poussins d'un jour en 2011, pour une capacité annuelle installée de 42 millions de poussins. Pour les exploitants individuels, ils sont au nombre de 1500 aviculteurs environ, dont 1000 éleveurs de poulets de chair et 500 producteurs d'œufs de consommation (FIRCA, 2011).

L'Aviculture a une place importante dans l'économie ivoirienne. En effet, la volaille est un produit stratégique pour assurer la couverture des besoins nationaux en protéines animales. De 2014 à 2015, c'est environ 240 milliards FCFA de chiffres d'affaires générés et plus de 2 000 exploitants éleveurs qui opèrent dans cette filière ; ce qui représente 50 000 emplois directs et 170 000 emplois indirects. Cette filière a encore une incidence forte sur d'autres produits de l'Agriculture ou de l'agro-industrie. Pour une spéculation comme le maïs, c'est plus de 150 000 T que la filière absorbe chaque année (FIRCA, 2017).

La typologie de l'aviculture ivoirienne, telle que décrite dans la littérature en Côte d'Ivoire, considère la taille des exploitations et la technologie utilisée. Elle se caractérise par une aviculture traditionnelle ou familiale et une aviculture moderne (Koné, 2007).

2.3.2. Typologie de l'aviculture ivoirienne

La filière avicole nationale se caractérise par une organisation interne des professionnels de l'aviculture, de son circuit de production et de distribution. Elle est composée de l'IPRAVI qui regroupe les industriels, les producteurs et les revendeurs (Figure 4). Dans chacune des trois grandes composantes de la filière, il y a respectivement l'INTERAVI, l'UACI et l'ANAREV-CI. La production et la distribution de produits aviaires obéissent à deux principaux axes en

Côte d'Ivoire (FIRCA, 2018). L'un est traditionnel et l'autre est moderne. L'élevage traditionnel couvre l'ensemble du territoire national alors que l'élevage moderne est concentré autour de grandes villes. Au niveau traditionnel, c'est près de 24700000 têtes de volailles de races locales qui sont produites chaque année, représentant ainsi 76 % de l'effectif total de volailles (IPRAVI, 2014). Au niveau de l'élevage moderne, la production est d'environ 7600000 têtes par an et représente 24 % de l'effectif total.

La filière avicole ivoirienne couvre 96 % des besoins des populations ivoiriennes en volailles. Cependant, ce secteur nécessite une organisation et un système d'élevage plus performant au niveau traditionnel. Au niveau moderne, la contrainte majeure est liée à la qualité et au coût de l'aliment (CNRA, 2014).

Depuis 2010, la production de viande de la filière moderne dépasse celle de la filière traditionnelle. En 2013, la filière moderne représentait les 2/3 de la production de viande de volaille. Les poules de réforme représentaient de l'ordre de 15 % de la production de viande de la filière moderne. En 2015, on note un coup d'arrêt de la production de poulets de chair. Cela est dû à des mesures sanitaires prises vis-à-vis de la France qui est un fournisseur important de poussins en complément des poussins produits localement et où on avait enregistré des cas de peste aviaire dans certains élevages (Ducroquet *et al.*, 2017).

2.3.3. Contraintes liées à l'aviculture ivoirienne

Bamba (2019) décrit plusieurs contraintes que rencontre l'aviculture ivoirienne. La production familiale avec des souches locales souffre d'un manque de productivité mais en même temps, les poussins d'un jour de souche améliorée coûtent cher. En outre, les règles générales de police sanitaire et de biosécurité sont assez mal suivies en cas de crise sanitaire dans le circuit de l'élevage en mode familiale. Cela est susceptible de provoquer des dégâts en élevage moderne. Les médicaments et les aliments sont encore trop chers pour une rentabilité plus grande des petites exploitations. L'éloignement de certains exploitants par rapport à la ville d'Abidjan constitue un handicap pour leur ravitaillement en aliment, médicaments et en poussins d'un jour.

Diverses autres contraintes entravent encore la bonne marche de la filière. Il s'agit de la qualité insuffisante des aliments et des poussins d'un jour, d'une concurrence déloyale vis-à-vis des importations, d'une fiscalité et d'une réglementation inadaptées, d'une commercialisation non optimale surtout en défaveur du producteur qui souhaitent une « vente au kilogramme vif », d'une faible animation des organisations professionnelles existantes en interne comme avec l'État et enfin d'une compétence technique limitée des acteurs.

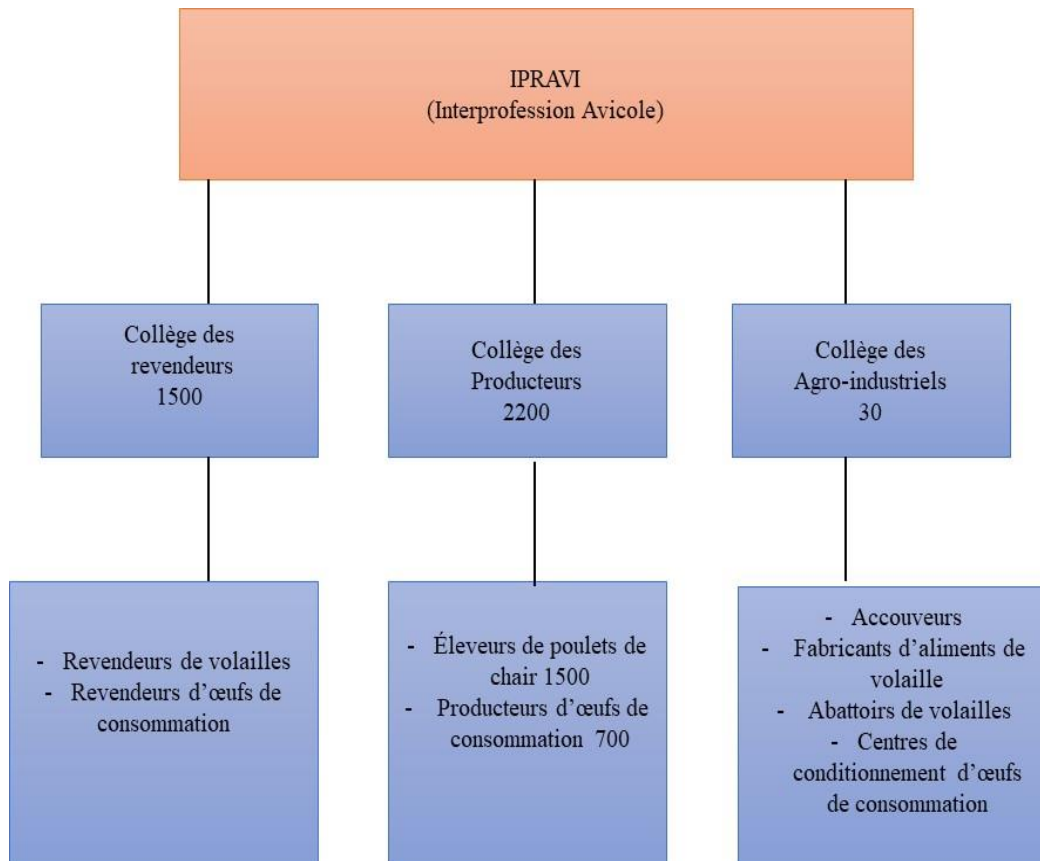


Figure 4 : Organisation de la filière avicole ivoirienne (FIRCA, 2018)

3. Poules pondeuses, besoins alimentaires et caractéristiques des œufs

3.1. Poules pondeuses

Une poule pondeuse est une femelle de l'espèce *Gallus gallus domesticus*. Elle est élevée dans le but de produire des œufs utilisés dans l'alimentation humaine. Les poules pondeuses sont aussi monogastriques donc incapables de synthétiser les acides aminés essentiels, les vitamines B et ne peuvent survivre avec les régimes riches en fibres (Smith, 1997). Elles sont particulièrement douées pour pondre de façon régulière. Elles ont donc un meilleur rendement de ponte que d'autres races.

3.1.1. Description de l'appareil reproducteur de la poule : oviducte

L'appareil reproducteur de la poule se nomme l'oviducte. Il est composé de deux parties essentielles. L'ovaire et l'oviducte. Il s'agit d'un appareil dit impaire parce que seul l'ovaire et l'oviducte gauche subsistent chez la poule adulte (Brèque *et al.*, 2003). L'oviducte représente les voies génitales de la femelle, l'oviducte a une double fonction. Premièrement, cet oviducte est chargé de « récupérer » lors de l'ovulation l'ovocyte mature, puis de l'entourer successivement d'une membrane préviteline, du blanc d'œuf, des membranes coquillières et de

la coquille. L'ensemble est indispensable au développement de l'embryon. Sa deuxième fonction consiste à assurer la remontée des spermatozoïdes vers le site de fécondation, à abriter cette fécondation puis à soutenir les premières divisions zygotiques jusqu'à la ponte (Zougab & Rabbi, 2013).

3.1.1.1. Ovaire

L'ovaire est situé dans la cavité abdominale sous le rein gauche, tenu par un méso du péritoine. Chez la poule, c'est une grappe de 7 à 10 gros follicules (ovisacs) et de nombreux petits follicules (plus de 1000 visibles à l'œil nu), chacun d'entre eux étant fixé par un pédicule. Le diamètre de la grappe est de 7 à 10 cm (Meyer & Rouvier, 2009).

3.1.1.2. Infundibulum

L'infundibulum ou pavillon est le site de fécondation. A l'ovulation, l'infundibulum déclenche des contractions qui le conduiront à l'ovocyte mûr encore sur la grappe ovarienne (Mann, 2008).

3.1.1.3. Magnum

La partie la plus large de l'oviducte se nomme le magnum, là où l'albumen ou « blanc d'œuf » se développe autour du jaune. L'albumen entourant le jaune est composé de quatre couches distinctes d'albumen aqueux (couches minces externe et interne d'albumen) et d'albumen épais, semi-solide (albumen chalazophore et couches internes épaisses). L'albumen épais représente la plus grande partie de l'albumen. L'albumen de l'œuf représente environ 60 % de l'œuf entier et contient plus de 40 protéines différentes. Les principales protéines sont l'ovalbumine, l'ovotransferrine, l'ovomucoïde et les ovoglobulines. L'ovomucine, une protéine fibreuse, est importante pour la qualité de l'albumen parce qu'elle maintient fermement l'albumen dans une matière gélatineuse qui lui donne sa forme et sa consistance (Hy-Line International, 2017) (Figure 5).

3.1.1.4. Isthme

À cet endroit de l'oviducte, l'œuf séjourne environ 1h30 et surtout l'utérus où il passe près de 20h. Si l'ovocyte a été fécondé, la fusion des pronuclei mâle et femelle se produit 3h après la fécondation, lorsque l'œuf est encore dans le magnum (Zougab & Rabbi, 2013). Les membranes de la coquille (interne et externe) sont ajoutées à l'œuf en développement. Dans l'isthme, des structures spécialisées appelées corps mammillaires sont sécrétées sur les membranes de la coquille. Ces structures sont importantes dans le processus de calcification de la coquille de l'œuf.

3.1.1.1. Utérus

L'utérus, communément appelé glande coquillière, est le site de formation de la coquille de l'œuf (Figure 5). En quittant l'isthme, les membranes de la coquille de l'œuf sont molles et plissées, mais elles se raffermissent lorsque l'œuf entre dans l'utérus par un processus appelé « effet repulpant ». L'eau est aspirée par les membranes de l'œuf jusqu'à l'albumen. Le volume de l'albumen double durant cet « effet repulpant » et donne sa forme finale à l'œuf. Il est essentiel que la membrane se raffermisse et que les plis se tendent afin d'obtenir une coquille bien constituée et d'optimiser le transfert de calcium pendant la formation de la coquille. « L'effet repulpant » de l'albumen diminue au fur à mesure que la poule vieillit ou en raison de maladies comme la bronchite infectieuse et le syndrome de chute de ponte (Hy-Line International, 2017). La durée de formation de l'œuf dans l'utérus est comprise entre 18 et 20 heures (Tableau 4).

Tableau 4 : Temps de formation de l'œuf dans les organes de l'oviducte (Hy-Line International, 2017)

Organes de l'oviducte	Longueur (cm)	Temps de formation de l'œuf
Infundibulum	10	15 - 30 minutes
Magnum	30	2 - 3 heures
Isthme	10	1 heure
Utérus	8	18 - 20 heures

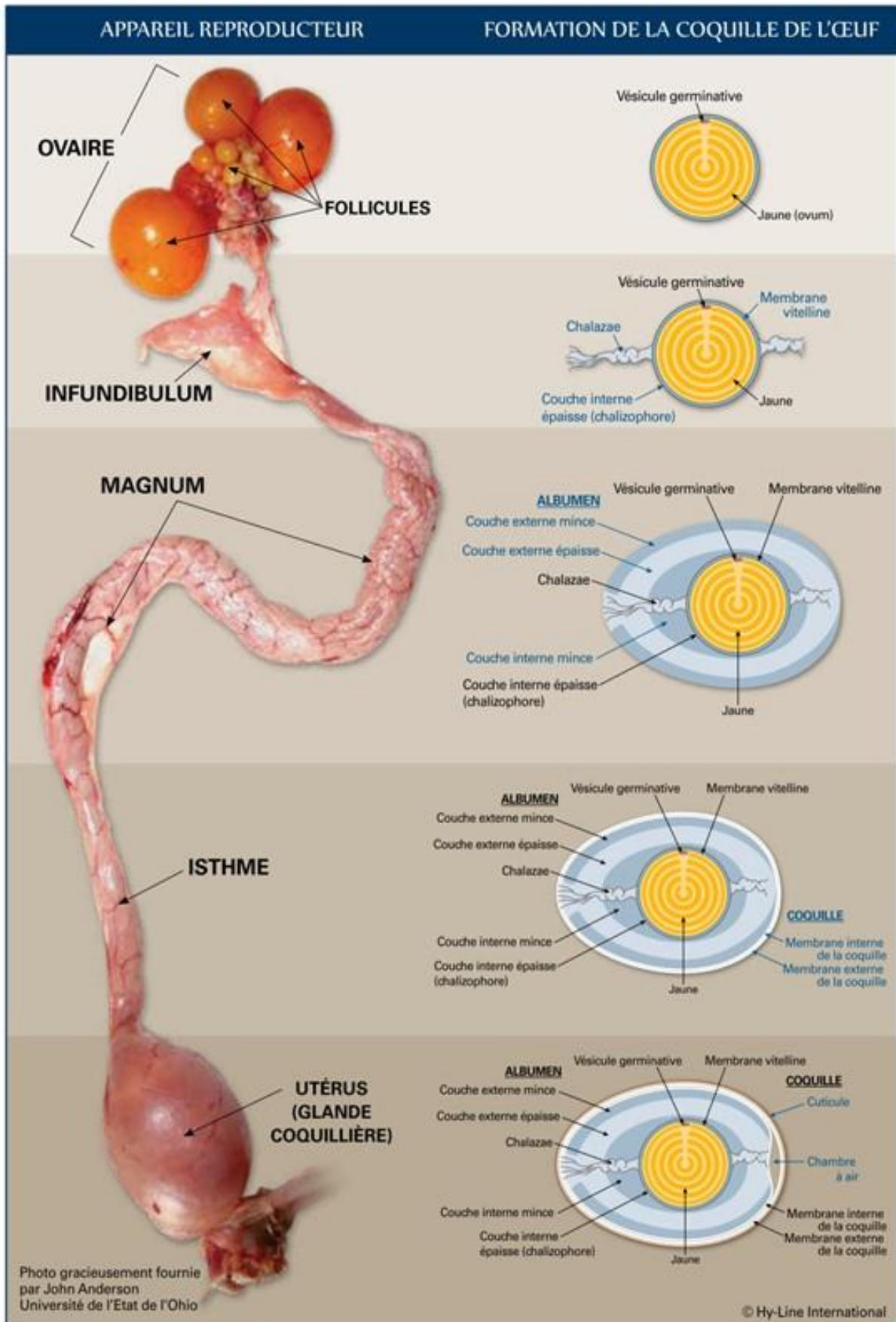


Figure 5 : Formation de l'œuf dans l'oviducte (Hy-Line International, 2017)

3.1.2. Différentes races de poules pondeuses

Les progrès réalisés ont permis d'obtenir des oiseaux qui répondent aux besoins spécialisés et qui sont de plus en plus productifs, mais qui ont besoin d'être gérés par des spécialistes (FAO, 2020). Plusieurs races de poules pondeuses existent avec des performances de ponte différentes (Renard *et al.*, 2004). Plus de 1600 races différentes de poules sont reconnues dans le monde entier. Elles sont le résultat de plusieurs siècles de sélection naturelle, d'améliorations et de croisements au sein des troupeaux (FAO, 2020). Les excellentes pondeuses pondent 200 à 300 œufs par an. Ce sont la Leghorn, le Barnevelder, le Hambourg, le Harco et les Isa brown (Truberg & Hühn, 2000). Les bonnes pondeuses quant à elles, pondent 100 à 200 œufs par an. Ce sont la Wyandotte, le New-Hampshire, le Bracke, la Gauloise, la Bresse et la Bourbonnaise (Zaman *et al.*, 2004). Par ailleurs, une poule sauvage pond à peu près 60 œufs par an alors que les hybrides peuvent produire plus de 300 œufs (Coquerelle, 2000). Les poules sont des oiseaux qui vivent en groupe sociaux contenant 25 individus au maximum (Balnave & Bracke, 2005). Elles se perchent, piquent et grattent le sol, se construisent des nids et prennent des bains de poussière. Si ces besoins ne peuvent pas s'exprimer, elles développent des anomalies de comportements à savoir des mouvements stéréotypés prolongés et agressivités voire le cannibalisme (Bastianelli *et al.*, 2005).

Il s'agit, pour les élevages de choisir les races, les souches ou les croisements commerciaux en fonction de divers critères dont : la rusticité, la forte productivité, la faible consommation d'aliments, l'absence de couvaision et la qualité des produits aussi bien pour la viande que des œufs. Il existe un très grand nombre de races de poules dans le monde mais quelques-unes seulement se sont imposées dans le secteur industriel, où elles sont utilisées en croisement. L'immense majorité demeure locale ; elle est entretenue par de nombreux amateurs (Bernard, 2017).

Les races de poules pondeuses les plus rencontrées dans les élevages en Côte d'Ivoire et leurs caractéristiques de production sont consignées dans le tableau 5 (Sidibé, 2013).

Ainsi, ISA Brown, une race de poule pondeuse qui fait son entrée en ponte la 19^{ème} semaine et produit en moyenne 270 œufs par cycle. Le pic de ponte est atteint à la 28^{ème} semaine. Elle consomme en moyenne 125 g d'aliment par jour. Le poids corporel de cette race de poule, se situe entre 2,3 et 2,5 kg à la réforme.

La race LOHMAN Brown, le premier œuf est ramassé à la 16^{ème} et le nombre d'œuf par cycle est compris entre 270 et 290. Elle consomme en moyenne 110 g d'aliment par jour. Le poids de la poule à la réforme est compris entre 1,8 et 2 kg. Le pic de ponte est atteint à la 29^{ème} semaine.

HISEX Brown est une race connue pour son entrée en ponte la 17^{ème} semaine, avec en moyenne 352 œufs par cycle. Le pic de ponte est atteint la 27^{ème} semaine. Elle consomme 122 g / j d'aliment. Le poids corporel des poules à la réforme est de 2 kg.

HY-LINE Brown est une race de poule pondeuse qui débute la ponte la 17^{ème}. Elle pond en moyenne 351 œufs par cycle de production et atteint son maximum de production la 28^{ème} semaine. Elle consomme en moyenne 113 g d'aliment par jour et son poids corporel à la réforme est de 2 kg.

La race Helen consomme en moyenne 99,11 g d'aliment par jour et fait son entrée en ponte à la 18^{ème} semaine. Elle pond par cycle 178 œufs et le pic de ponte est atteint la 51^{ème} semaine. Le poids corporel des poules reformées est de 2 kg.

Lora, quant à cette race, présente les caractéristiques suivantes ; entrée en ponte à la 17^{ème} semaine, pond 200 œufs par cycle, atteint son pic de ponte la 43^{ème} semaine, consomme en moyenne 92,98 g d'aliment par jour et atteint un poids corporel de 2 kg à la réforme.

3.2. Besoins en nutriments des poules pondeuses ou alimentation des poules pondeuses

Au cours de leur élevage, les poulettes et les poules pondeuses reçoivent différents aliments dont la composition nutritionnelle varie de façon à combler leurs besoins d'entretien, de croissance ou de ponte. La productivité des poules est souvent conditionnée par l'alimentation.

3.2.1. Besoins en eau

L'eau est le constituant prépondérant de la cellule animale. Elle est le principal constituant du corps et représente environ 70 % du poids vif total. L'ingestion d'eau augmente avec l'âge de l'animal et avec la température ambiante du poulailler. En général, les volailles consommeraient environ deux fois plus d'eau que d'aliments. En effet, l'eau d'abreuvement permet l'absorption d'éléments nutritifs et l'élimination des matières toxiques. Son absence a des répercussions négatives sur les performances des oiseaux. Il est donc indispensable qu'une eau propre et fraîche leur soit apportée en permanence (Bastianelli & Rudeaux, 2003). Sans eau, on observera la plasmolyse des cellules, le dessèchement des tissus et la mort s'ensuivra. Une restriction sévère en eau diminuera l'appétit des oiseaux, retardant ainsi la croissance et réduisant la production (viande, œuf). Les consommations d'eau et d'aliments sont étroitement liées. En effet, lorsque les oiseaux boivent moins, ils mangent moins et la production chute rapidement. En règle générale, les oiseaux en bonne santé boivent 1,5 à 2 fois plus qu'ils ne mangent. Ce rapport augmente lorsque la température ambiante est élevée. En outre, une qualité d'eau non optimale peut avoir un impact significatif sur la santé intestinale qui conduira à une

Généralités

sous-utilisation des éléments nutritifs dans aliments. Une diminution dans la consommation d'eau du lot est souvent le premier signe de problèmes de maladies et des chutes de production (Hy-Line Internationale, 2018).

Tableau 5 : Races de poules pondeuses les plus rencontrées dans les élevages en Côte d'Ivoire (Sidibé, 2013)

Races	Caractéristiques
ISA Brown	Ponte : 19 ^{ème} semaine, 270 œufs / cycle Pic : 28 ^{ème} semaine Consommation : 125 g/j Poids corporel : 2,3 à 2,5 kg à la réforme
LOHMAN Brown	Ponte : 16 ^{ème} semaine, 270 - 290 œufs / cycle Pic : 29 ^{ème} semaine Consommation : 110 g/j Poids corporel : 1,8 à 2 kg à la réforme
HISEX Brown	Ponte : 17 ^{ème} semaine, 352 œufs / cycle Pic : 27 ^{ème} semaine Consommation : 122 g/j Poids corporel : 2 kg à la réforme
HY-LINE Brown	Ponte : 17 ^{ème} semaine, 351 œufs / cycle Pic : 28 ^{ème} semaine Consommation : 113 g/j Poids corporel : 2 kg à la réforme
Helen	Ponte : 18 ^{ème} semaine, 178 œufs / cycle Pic : 51 ^{ème} semaine Consommation : 99, 11 g/j Poids corporel : : 2 kg à la réforme
Lora	Ponte : 17 ^{ème} semaine, 200 œufs / cycle Pic : 43 ^{ème} semaine Consommation : 92,98 g/j Poids corporel : 2 kg à la réforme

3.2.2. Besoins en période d'élevage

L'alimentation a peu d'influence sur les performances ultérieures de la ponte. On cherchera à distribuer la ration permettant d'obtenir une croissance pour conduire les jeunes oiseaux à la maturité sexuelle à un âge et un poids vif fixés avec le minimum de dépenses alimentaires. Le régime traditionnellement distribué pendant la période d'élevage (de l'éclosion jusqu'à la 6^{ème} semaine) renferme 2867 à 3043 kcal / kg d'aliment d'énergie métabolisable et un taux de protéines brutes de 18,25 à 20 % (Tableau 6). Les teneurs en acides aminés sont de l'ordre de 0,92 à 1,11 % pour la lysine, 0,65 à 0,77 % pour la thréonine et entre 0,42 à 0,49 % pour la méthionine (Hy-line International, 2018). À partir de la 6^{ème} semaine jusqu'à l'entrée en ponte, l'aliment dit de « croissance » est légèrement moins riche en protéines de 15 à 17,5 % et moins énergétique (2778 à 3021 kcal / kg d'aliment) (Hy-line International, 2018) (Tableau 6). Les besoins en minéraux et en vitamines sont ceux recommandés pour le poulet de chair en phase de croissance.

Tableau 6: Caractéristiques des régimes recommandés pendant la période d'élevage de la poulette (Hy-line International, 2018)

	Régime (0 - 6 S)	Régime (6 - 12 S)	Régime (12 - 17 S)
EM (Kcal/kg d'aliment)	2867 - 3043	2800 - 3021	2778 - 2999
Protéine (%)	20 - 18,25	17,5 - 15	15 - 16
Lysine (%)	1,11 - 0,92	0,82 - 0,89	0,60 - 0,78
Méthionine (%)	0,42 - 0,49	0,39 - 0,43	0,28 - 0,38
Thréonine (%)	0,65 - 0,77	0,55 - 0,64	0,41 - 0,58
Calcium (%)	1,05 - 1	0,95	0,9 - 2,5
Phosphore (%)	0,41 - 0,4	0,39	0,34 - 0,38

S : Semaine

3.2.3. Besoins en période de ponte

Le rationnement de la poule en ponte présente une importance capitale dans la mesure où la quantité d'aliment consommée pendant cette période est 5 à 6 fois plus grande qu'au cours de la croissance. En plus du besoin d'entretien, l'alimentation de la poule en période de ponte doit être suffisante en quantité et en qualité pour assurer la production d'œufs de consommation. Les poules adaptent constamment leur prise alimentaire en fonction de la température ambiante. La digestion des aliments représente le principal mécanisme des poules pour générer de la chaleur métabolique. Lorsqu'elles sont exposées à des températures plus froides, les volailles ingèrent normalement une plus grande quantité de nourriture afin d'augmenter et de maintenir leur chaleur corporelle. Par conséquent, à mesure que la température ambiante monte, les poules ont

tendance à réduire leur consommation de nourriture, ce qui contribue à limiter l'augmentation de leur chaleur corporelle attribuable à la digestion. Jusqu'à une température d'environ 27 °C, la variation dans la prise alimentaire n'a pas d'effet sur la production à moins d'une légère carence d'un élément nutritif important. Au-delà de 27 °C, la température corporelle de l'oiseau augmente et on peut s'attendre à une réduction beaucoup plus marquée de la consommation d'aliments (Ward *et al.*, 2020).

3.2.4. Éléments nutritifs favorisant une coquille d'œuf de bonne qualité

La solidité de la coquille dépend du métabolisme du calcium de la poule, qui se présente sous forme de circulation dynamique de calcium allant des aliments et de l'os à l'utérus. Il y a une perte de 2 à 2,5 g de calcium par œuf produit, peu importe la taille de l'œuf. Ce besoin en calcium doit être fourni dans les aliments, mais la poule peut aussi puiser du calcium dans ses réserves médullaires pour former la coquille. Ces réserves médullaires, relativement petites mais utiles, complètent l'apport nutritionnel en fournissant 5 % du calcium pour former la coquille. La qualité de la coquille ne peut être maintenue que si les aliments de la poule pondeuse contiennent des niveaux appropriés de calcium, de phosphore et de vitamine D. D'autres oligo-éléments comme le magnésium, le fer, le cuivre, le manganèse, le zinc, la vitamine K et certains autres acides aminés servent au transport du calcium et au renouvellement des cellules osseuses. Certaines vitamines B (acide folique, niacine, B12) ont même montré des effets bénéfiques sur la qualité de la coquille (Hy-line international, 2017).

3.2.4. Technique et normes d'élevage

3.2.4.1. Pré-démarrage des poussins

Le local d'élevage doit être lavé, désinfecté et soumis à un vide sanitaire d'au moins 15 jours. Trois jours avant l'arrivée des poussins, la litière, de préférence en copeaux de bois et le matériel d'élevage (mangeoires et abreuvoirs) sont mis en place. Une garde haute de 50 cm (en carton ou contreplaqué) permet de délimiter autour d'une éleveuse (source de chaleur) l'aire de vie des poussins (Kalivogui, 2005).

3.2.4.2. Stade poulettes

Cette période se subdivise en deux phases distinctes qui sont la phase de démarrage (de 0 à 8 semaines) et la phase de croissance (de 8 à 20 semaines). Au cours de la première phase qui est la plus délicate, les poussins doivent être totalement assistés (confort thermique, luminosité appropriée) (Kalivogui, 2005). La période de démarrage de un jour d'âge au début de ponte a une importance capitale pour la carrière des pondeuses. Les performances de ponte dépendent fortement de la réussite des animaux à atteindre le poids objectif dans le jeune âge.

La période de 1 jour à 5 semaines est une période clé car la conformation de l'animal se dessine, les organes vitaux se développent tout comme le système immunitaire. Tout retard de croissance se traduira par une diminution du poids corporel à 16 semaines et des performances futures. La capacité de l'animal à résister aux maladies et la réponse aux vaccins seront également affectées (ISA, 2009).

3.2.4.3. Stade de ponte

Le transfert des poulettes dans les locaux de production se fait 10 jours au moins avant le début de la ponte (17^{ème} semaine) pour leur permettre de s'adapter à leur nouvel environnement. La densité normale est de 5 poules / m² dans un élevage au sol (ISA, 2009).

3.2.5. Performances zootechniques

3.2.5.1. Croissance des poulettes

Après un bon démarrage, l'objectif de la période de 4 à 16 semaines est de préparer les animaux à la production avec un développement idéal. Ainsi, la conformité du lot, le poids vif, l'uniformité et le développement du tractus digestif sont les paramètres sur lesquels l'éleveur met le plus d'accent. Ces objectifs peuvent être atteints grâce à une bonne densité des animaux, logés dans de bonnes conditions, un bon programme lumineux adapté aux conditions d'élevage, un bon époutage et une bonne maîtrise du programme alimentaire et des techniques de distribution des aliments (ISA, 2009). La période d'élevage est d'une importance capitale. Les performances du troupeau (nombre d'œufs, poids moyen de l'œuf et l'indice de consommation) dépendent pour une grande part du poids à l'entrée en ponte. La qualité d'un lot de poulettes est définie par le poids à la maturité sexuelle, la capacité d'ingestion, l'homogénéité du lot, le statut sanitaire et l'âge à la maturité sexuelle. Le poids vif à l'entrée en ponte est d'environ 1100 g pour les pondeuses à œufs blancs (Leghorn) et de 1350 g pour les pondeuses à œufs roux (Rhod Island Red) Kalivogui (2005).

3.2.5.2. Age d'entrée en ponte

L'entrée en ponte des poulettes est sous la dépendance de nombreux facteurs. Elle se fait progressivement à partir de 20 semaines environ et se maintient de façon rentable pendant environ un (1) an. En l'absence de stimulation, la maturité sexuelle est conditionnée par le poids. Une croissance excellente, régulière et continue permettra d'obtenir une maturité sexuelle précoce. Au Sénégal, d'après une étude menée par Bankole (2000), l'entrée en ponte des poules se situe entre la 18^{ème} et la 20^{ème} semaine d'âge.

3.2.5.3. Taux de ponte

Afin de pouvoir quantifier la production d'œufs et de surveiller correctement le troupeau tout au long de la période productive, les paramètres comme le taux de ponte, le nombre d'œufs, le poids des œufs, la persistance de la ponte et la qualité des œufs seront utilisés.

C'est le nombre d'œufs récoltés quotidiennement ramenés au nombre de poules présentes. Il définit en grande partie la courbe de ponte qui connaît une phase : ascendante, le pic de ponte et une phase descendante. Pour pouvoir calculer cet aux de ponte, il est donc nécessaire de comptabiliser le nombre d'œufs pondus ainsi que la mortalité.

3.2.5.4. Nombre d'œufs

Le nombre d'œufs varie avec la durée d'élevage. Il est de 250 sur une période de 14 mois (ISA, 2000). Le nombre d'œufs pondus par la race LOHMAN Brown se situe entre 270 et 290 œufs par cycle Sidibé (2013). HISEX Brown quant à cette race pond 352 œufs / an. Selon N'Diaye (2002), le nombre d'œufs est de 230 pour l'ISA Brown.

3.2.5.5. Poids des œufs

Les facteurs qui ont le plus d'influence sur le poids des œufs sont le poids à la maturité sexuelle des poulettes, les facteurs nutritionnels et d'ambiance thermique. En milieu tropical, du fait de la maturité sexuelle précoce des troupeaux, le poids à l'entrée en ponte est relativement faible avec comme conséquence le poids moyen de l'œuf affecté pendant toute la durée de la ponte (ISA, 2000).

3.2.5.6. Durée et persistance de la ponte

La reforme des pondeuses dépend, en général, de la production de celles-ci. Elle se fait plutôt en cas de problème sanitaire qui limite la production et plus tard lorsque, malgré l'âge avancé des poules, la production arrive à couvrir les différents frais avec une marge bénéficiaire. Le plus souvent, les poules sont reformées à 72 semaines d'âge environ Bankole (2000).

3.3. Quelques matières premières utilisées en alimentation des poules pondeuses

Par matières premières, on entend des matières extraites de la nature ou produites par elle et que l'Homme utilise soit directement, soit pour les transformer en biens de consommation. En alimentation des poules pondeuses, les céréales sont d'excellentes sources d'amidon, de fibres et d'énergie. Les légumineuses, les tubercules et oléagineux, sous forme de tourteaux, sont des sources de protéines supplémentaires alors que les farines animales sont les principales sources de protéines brutes dans l'alimentation. Quant aux coquillages, ils sont des ingrédients servant à l'apport de minéraux pour l'aliment composé comme le calcium, le magnésium (Andrianavalona, 2015).

3.3.1. Matières premières énergétiques

3.3.1.1. Maïs grains

Le maïs est considéré comme la céréale de choix pour l'alimentation des volailles, par sa valeur énergétique élevée et la grande constance de celle-ci, que ce soit en fonction de l'année, ou de la région de production (Métayer *et al.*, 1993). Il est riche en pigments xanthophylles (17 mg / kg MS) particulièrement disponibles et très efficaces pour la coloration du jaune de l'œuf et de la peau des oiseaux génétiquement aptes à fixer ces pigments. Ces substances ne présentent aucune valeur nutritionnelle mais donnent à l'œuf sa couleur jaune orangé, recherchée par certains consommateurs.

Cependant, il est pauvre en protéines (9 %), matière grasse (3,40 %), et en cendres (1,1 %) (Palwal *et al.*, 2002). D'après Nir (2003), le maïs constitue la céréale la plus utilisée chez la volaille. Il est important de rappeler l'existence de cinq catégories de maïs. La catégorie 1 doit contenir uniquement des grains entiers de taille uniforme mais aussi de première qualité. Il ne doit y avoir aucun grain desséché, moisi ou ramolli. La teneur en eau ne doit pas dépasser 14 %. Ce maïs sert principalement à la nutrition humaine. La catégorie 2 est assez similaire au numéro 1 excepté qu'il peut comporter un petit pourcentage de grains cassés Jusqu'à 5 %, et sa teneur maximum en eau est de 15 %. Cette catégorie sert principalement à l'alimentation des volailles. La catégorie 3 peut contenir 17,5 % d'eau et quelques grains ramollis, desséchés ou brûlés ainsi qu'un faible pourcentage de matières étrangères. Les catégories 4 et 5 peuvent contenir respectivement 20 et 23 % d'eau. Ces deux types de maïs peuvent renfermer des teneurs importantes de substances ramollies, desséchées, brûlées ou autres.

Cette catégorisation du maïs en fonction de la teneur en eau est très importante dans le contrôle de sa qualité. En effet, la valeur nutritive des céréales dépend principalement de leur teneur en matière sèche puisqu'il est impossible de les stocker dans des silos clos avec plus de 14 % d'humidité, sans qu'elles ne chauffent et se fermentent. Le stockage du maïs à haute teneur en eau, sans rotation et aération, provoque l'apparition de moisissures, un réchauffement et la dégradation de la valeur nutritive. Le maïs est cependant une céréale qui peut contenir des toxines lorsque la conservation se fait dans de mauvaises conditions. Différents travaux de recherche ont montré que les variétés de maïs grains sont infectées par des mycotoxines lors du stockage (Fandohan *et al.*, 2006) alors qu'elles représentent des risques pour la santé humaine et animale (Duval, 2006). Les mycotoxines sont des métabolites secondaires fongiques susceptibles de contaminer l'alimentation animale et humaine à tous les stades de la chaîne alimentaire. Parmi les mycotoxines, la fumonisine B1 (FB1) est la mycotoxine la plus fréquemment rencontrée de par le monde (Dutton, 1996).

3.3.1.2. Son de blé

Il s'agit du son, du remoulage bis et du remoulage blanc. Ces produits sont obtenus au cours des opérations de transformation du blé en farine blanche destinée à l'alimentation humaine. Le son est pratiquement constitué du tégument externe du grain qui renferme des glucides pariétaux peu digestibles pour la volaille. En outre, il est pauvre en amidon ($22,15 \pm 0,45$ % MS) (Boudouma, 2007). Son utilisation en alimentation des volailles est limitée en raison de sa valeur énergétique faible due à une mauvaise digestibilité de l'amidon et des polysides pariétaux.

3.3.1.3. Sous-produits du maïs

Les sous-produits du maïs utilisés en alimentation animale sont le gluten, le tourteau de germe, le corn gluten, les drêches et le son (ITAVI, 2000). Le gluten renferme 60 % de protéines brutes. Il est à la fois riche en protéines et en énergie métabolisable d'où sa préférence en aviculture. Riche en xanthophylles, il peut être utilisé comme une source de complémentation des matières premières qui en sont dépourvues. Le seul défaut du gluten provient du déséquilibre de ses protéines en acides aminés. Il est déficiente en lysine et en tryptophane. Il a un excès de leucine et d'acides aminés soufrés (ITAVI, 2000).

Le tourteau de germe obtenu par extraction à l'hexane est très peu utilisé en aviculture à cause de sa faible valeur énergétique. Le corn gluten « feed » a la même composition chimique que le maïs dépourvu d'amidon. Les drêches, encore appelées DDG (distillers dried grain), obtenues au cours de la fermentation du maïs pour la production d'alcool présentent un intérêt en alimentation aviaire. Elles contiennent de petites fractions résiduelles de maïs et de levures. Ces derniers enrichissent le produit en oligo-éléments, en vitamines et améliorent la disponibilité du phosphore. Elles ne présentent aucune limite d'incorporation d'ordre nutritionnel que ce soit chez les adultes ou chez les jeunes. En outre, elles exerceraient un effet favorable sur la qualité de l'œuf. Jusqu'à des taux compris entre 20 et 30 %, leur incorporation dans l'aliment augmente considérablement l'intensité de ponte (Mafeni & Fomba, 2001). Malheureusement, la teneur élevée en cellulose brute constitue le facteur limitant des drêches dans l'alimentation des volailles.

3.3.2. Matières premières protéiques

3.3.2.1. Importance des protéines dans l'alimentation

Les protéines sont les principaux constituants de la production avicole des œufs pour les pondeuses. La richesse en protéines de qualité de ces produits animaux nécessite d'apporter un aliment lui-même riche en protéine de qualité (Boina, 2011). Celle-ci sont indispensables pour

la fabrication de tissus musculaires et pour la fabrication d'œufs. L'importance de matières azotées dans l'alimentation animale est alors d'accomplir la finalité qui est la production de protéines pour l'homme (Zafintiano, 1998).

Les protéines sont les éléments clés des constructions structurelles de la majorité des aliments. La valeur nutritionnelle d'une source protéique est communément définie par sa capacité à fournir des acides aminés pour la croissance de l'organisme et le renouvellement des protéines corporelles. Cette capacité dépend de deux phénomènes interdépendants. Le premier est la biodisponibilité de la protéine, c'est-à-dire la proportion des acides aminés disponibles au niveau tissulaire après les processus de digestion et d'absorption. Le second est l'efficacité de ces acides aminés à être utilisés pour répondre aux besoins spécifiques des tissus de l'organisme (Guéguen *et al.*, 2016).

Les protéines apportées par le régime alimentaire assurent la croissance, la construction de la matière vivante et la réparation du corps. La synthèse des protéines dans les tissus corporels exige l'apport adéquat d'une vingtaine d'acides aminés différents dans les bonnes proportions. Dix d'entre eux ne peuvent pas être synthétisés par le métabolisme des poules et doivent donc être fournis par l'alimentation. Dans les tissus de l'organisme requiert un apport adéquat d'acides aminés (environ vingt) dont dix (10) essentiels sont : la lysine, la méthionine, le tryptophane, l'isoleucine, la leucine, la valine, la phénylalanine, l'histidine, thréonine et l'arginine (Eekeren *et al.*, 2006). Par ailleurs, l'azote et le soufre contenus dans les protéines sont essentiels dans la cellule animale où ils régularisent les processus de la vie ou fournissent de la matière vivante. L'excès de protéines peut être transformé en glucose pour fournir l'énergie ; quant à l'excès d'azote, il est éliminé sous forme d'acide urique (Eekeren *et al.*, 1995).

3.3.2.2. Farine de poisson

La farine de poisson est riche en minéraux et en matières azotées et présente un profil d'acides aminés équilibré. Sa teneur en énergie métabolisable est de 3200 kcal avec un taux protéique de 59 - 60 % MS (Ky *et al.*, 2020 ; Huart, 2004). Contrairement aux matières premières d'origine végétale, les farines de poisson sont très riches en lysine ($2,38 \pm 0,03$ % MS) et en acides aminés soufrés ($1,49 \pm 0,03$ % MS) d'où leur importance capitale dans les aliments de volaille. Le calcium et le phosphore sont également bien représentés avec un pourcentage respectif de $3,88 \pm 0,06$ et $6,42 \pm 0,04$ % MS (Ky *et al.*, 2020).

Deux catégories de farine de poisson sont commercialisées. Il s'agit de la farine « 65 grasse » avec un taux protéique supérieur ou égal à 65 % MS et la farine « 72 maigre » avec un taux protéique supérieur ou égal à 72 % MS.

La farine de poisson peut être à l'origine d'intoxication lorsqu'elle est contaminée par les salmonelles, les métaux lourds mais aussi par les hydrocarbures hautement polycycliques lorsqu'elle est fabriquée avec du poisson fumé (Diouf, 2002).

3.3.2.3. Tourteaux de coton

La composition chimique des sous-produits de la graine de coton varie selon qu'il s'agit de la graine entière, de l'amande ou du tourteau (Atteh, 2002). Les teneurs en nutriments dépendent beaucoup de la méthode d'extraction de l'huile (Nagalakshmi *et al.*, 2007). Le tourteau de coton (*Gossipium barbadens*) est riche en matières azotées (20,5 à 56,4 % MS) et pauvre en matières grasses relativement 2,3 à 20 % MS (Zouré & Nassa 1997). Il présente un déséquilibre protéique avec des faibles teneurs en cystine, méthionine et lysine des protéines de la graine de coton (Ojewola *et al.*, 2006). Ces acides aminés sont essentiels chez certaines catégories d'animaux comme les volailles et peuvent constituer une limite quant à l'utilisation de cet aliment (Diaw *et al.*, 2010). Le tourteau de coton est essentiellement valorisé chez les ruminants. Chez les monogastriques et surtout les volailles, son incorporation dans les rations est limitée par la présence de gossypol qui possède une toxicité intrinsèque et diminue également la valeur biologique des protéines (Gamboa *et al.*, 2001a ; 2001b ; Azman & Yilmaz, 2005), par sa teneur en fibres (Gamboa *et al.*, 2001a ; Ojewola & Ewa 2005) et par la présence d'acides gras Cyclopropénoïques (acides malvalique et sterculique) qui sont de puissants inhibiteurs de l'activité enzymatique de la $\Delta 9$ désaturase, intervenant dans la transformation des acides gras (Schmidely & Sauvart, 2001). Ces altérations résultent de la formation d'un complexe entre la substance toxique et le fer contenu dans l'œuf. Un taux de 0,001 % de gossypol libre dans le régime alimentaire des poules pondeuses suffit pour entraîner une décoloration des jaunes lors du stockage (Nir, 2003). La toxicité du gossypol peut être totalement éliminée, soit par un traitement des graines ou du tourteau avec de l'acétone, soit par un chauffage léger.

Chez la poule pondeuse on assiste à une diminution de la ponte au-dessus de 0,12 % de gossypol dans l'aliment et de la croissance du poulet de chair au-dessus de 0,04 %. La complémentation des régimes à base de tourteau de coton avec les farines animales permet de corriger le déficit en acides aminés essentiels et la faible digestibilité protéique (Dongmo *et al.*, 2000). Zouré *et al.* (1997) recommandent, pour le tourteau de coton, un taux d'incorporation maximal de 15 % dans l'aliment destiné aux poulets de chair et de 6 % pour celui des pondeuses.

3.3.2.4. Tourteaux de soja

La graine et le tourteau de soja sont largement utilisés en alimentation des volailles. La composition de la graine qui est la même que celle des protéines du tourteau se caractérise par une teneur élevée en lysine, en tryptophane et une légère déficience en acides aminés soufrés. La quantité totale de matières azotées est de $44,46 \pm 0,19$ % MS tandis que la proportion de lipides est de $2,24 \pm 0,10$ % MS donnant à cette matière première une forte valeur énergétique (219,2 kcal / 100 g d'aliment) (Ky *et al.*, 2020).

Mis à part sa faible teneur en calcium et en phosphore, le tourteau de soja constitue la matière végétale la plus proche des farines animales du point de vue nutritionnel. Les facteurs antinutritionnels du soja sont pour la plupart thermolabiles : facteurs antitrypsiques, hémagglutinines, goitrigènes, antivitamines, saponines, etc. (ITAVI & SCEES, 2000). Ces facteurs peuvent être détruits par des traitements hydrothermiques (cuisson), torréfaction, extrusion et à un moindre degré par la simple granulation avant l'incorporation dans l'aliment des volailles.

3.3.2.5. Tourteau de cajou

Peu de données scientifiques relatives à la valorisation du tourteau de cajou en alimentation animales sont disponibles. Toutefois, certains auteurs, comme Kouakou *et al.* (2018) et Silué *et al.* (2020) ont produit des tourteaux qui renfermaient des teneurs en protéines brutes comprises entre 25 et 30 %. L'incorporation du tourteau d'amande de noix de cajou a eu un effet satisfaisant sur les paramètres zootechniques, la qualité physique de l'œuf et la rentabilité financière de leur exploitation (Silué *et al.*, 2020). Ces auteurs ont incorporé jusqu'à 20 % dans les régimes alimentaires des poules pondeuses.

3.3.3. Additifs, vitamines et minéraux

Les additifs alimentaires sont des produits naturels ou de synthèse introduite dans les aliments composés destinés à la volaille dans le but d'améliorer directement ou indirectement l'efficacité des nutriments. Il s'agit en général de préparations spécifiques en farine, en semoule ou en granulés fabriquées par la grande industrie et destinées aux fabricants d'aliments finis. Dans la pratique courante, pour des raisons de commodité de gestion des stocks, on utilise des prémélanges, des dilutions de concentrés vitaminés dans un support afin d'empêcher les phénomènes de ségrégation et d'obtenir un aliment homogène. Le rapport de dilution peut être de 0,25 - 0,50 à 10 % (Gueye, 1998). Ces prémélanges souvent appelés « prémix » chez les fabricants sénégalais renferment un mélange d'additifs alimentaires définis selon la production cible. Parmi les additifs alimentaires utilisés en aviculture, on peut citer : les vitamines, les

acides aminés essentiels, les oligo-éléments, les pigments, les additifs technologiques, les facteurs de croissance, les enzymes de synthèse et les substances médicamenteuses (antibiotiques, coccidiostatiques, etc.).

Les vitamines sont les substances indispensables au bon fonctionnement de l'organisme. Elles agissent à faible dose et chaque vitamine joue un rôle bien spécifique. A l'exception de deux d'entre elles (vitamines K et D), l'organisme n'est pas capable de fabriquer les vitamines. Elles doivent être apportées par l'alimentation. Les vitamines sont d'autant plus importantes qu'elles interviennent dans le système enzymatique comme cofacteurs. Malgré leurs petites doses, leurs carences entraînent des troubles graves chez la volaille. Les quantités réellement nécessaires dépendent du régime, du taux de croissance, de la production d'œufs, de la taille de la poulette et aussi du climat (Smith, 1997). Comme exemples de vitamines, il y a les vitamines A, D, K, E, et le complexe de vitamines B. Elles sont toutes importantes dans les réactions métaboliques.

3.4. Caractéristiques des œufs

3.4.1. Dénomination « œufs » de poule

La dénomination « œufs » sans indication d'espèce animale est réservée aux œufs de poule ou espèce *Gallus domesticus*. Lorsqu'il s'agit de l'œuf d'une autre espèce d'oiseau, il est nécessaire de préciser l'espèce (œuf de cane, œuf de l'oie, etc.). Le terme œuf concerne par ailleurs les œufs propres à la consommation humaine, donc commercialisables et garantissant la totale innocuité quel que soit le mode de cuisson (Saïdou, 2005). Les œufs constituent pour l'homme un aliment essentiel (Nau *et al.*, 2003). Ils constituent en outre une ressource protéique, lipidique, minérale et vitaminique facilement renouvelable. Les protéines sont indispensables à la formation et à l'entretien des tissus de l'organisme humain ainsi qu'à la bonne croissance et au bon développement de celui-ci. De plus, elles sont à l'origine de la formation des muscles, des organes, de la peau, des cheveux, tout comme celle des anticorps, des enzymes et des hormones : tous sont formés de protéines (Agriculture & Agroalimentaire Canada, 2006).

Le faible prix de revient des œufs en fait une source de protéines et de lipides animales de faible coût (Nys & Sauveur, 2004). De plus, ils sont acceptés dans le monde entier et ne font l'objet d'aucune interdiction culturelle ou religieuse (Bessadok *et al.*, 2003). De nos jours, les œufs sont plus qu'une source d'alimentation diététique. Leurs effets antioxydant, cryoprotecteur, antibactérien, antiviral, antihypertenseur, émulsifiant et coagulant (Mine, 2002

Généralités

Tableau 7 : Dix premiers pays producteurs d'œufs dans le monde en 2022 (Pinson, 2022)

Classement	Pays	Production en Tonnes
1	Chine	29 824 800
2	Etats Unis	6 607 722
3	Inde	6 292 000
4	Indonésie	5 044 395
5	Brésil	3 260 859
6	Mexique	3 015 959
7	Japon	2 632 882
8	Fédération de Russie	2 492 190
9	Turquie	1 236 754
10	France	984 638

3.4.2.2. Production en Afrique

Dans les pays d'Afrique du Nord où la démographie et l'urbanisation sont en très forte croissance, la production industrielle s'accroît rapidement. La filière souffre toutefois d'une dépendance plus ou moins marquée vis-à-vis de l'alimentation animale, d'un climat chaud et des pratiques médiocres. Le Maroc vient en tête avec 175 000 tonnes d'œufs, suivi de l'Algérie (144 000 tonnes d'œufs), puis la Tunisie (80 000 tonnes d'œufs). La part de la production industrielle est croissante et essentiellement concentrée dans les zones périurbaines. Bien que la filière soit handicapée par une mauvaise structure du marché et des prix instables liés à des réseaux de distribution archaïques, de nombreux intermédiaires et de rares centres de conditionnement, la filière des œufs de consommation est en plein essor.

L'Afrique subsaharienne voit sa production augmenter également à un rythme relativement élevé, de 25 % par an, en moyenne. Cependant, alors que 13 % de la population mondiale y vit, le continent africain représente 4 % de la production mondiale d'œufs. De nombreux pays ne disposent ni de ressources alimentaires suffisantes pour permettre un développement de masse, ni d'outils de production et d'une organisation de filières capables d'approvisionner régulièrement les marchés à des prix concurrentiels face aux importations. Les principaux pays producteurs d'œufs sont le Nigeria (435 000 tonnes), l'Afrique du Sud (318 000 tonnes), l'Égypte (177 000 tonnes), l'Éthiopie (75 000 tonnes) et Tanzanie (58 000 tonnes). A noter que les six premiers pays producteurs d'œufs de consommation sont aussi les premiers producteurs de viande de volaille. Au Nigeria, premier pays producteur d'Afrique, la production est stable depuis 1990. Le deuxième pays producteur du continent, l'Afrique du

Sud a peu développé sa production depuis 1990, en dépit de l'importance de son marché (Magdelaine, 2004).

En Afrique de l'Ouest francophone, les principaux pays producteurs sont le Sénégal et la Côte d'Ivoire. La production reste dominée par la production issue d'élevages modernes. La filière organisée a souffert de la dévaluation du FCFA et de l'inflation.

Selon les estimations de la FAO, la production africaine des œufs de consommation a atteint 2,438 millions tonnes en 2008, soit une augmentation de 58,1 % par rapport à 1990. La contribution du continent africain dans la production mondiale est estimée à 4 % en 2008 (Wattagnet, 2011).

En 2012, la production d'œufs de poules en Afrique a atteint 3 millions tonnes, soit une hausse de 3,9 % par rapport à 2000 et représentait 4,5 % de la production mondiale. Cette production se montre avec une croissance annuelle moyenne de 3,9 %, dépassant le taux de croissance mondial estimé à 2,2 %. Une grande partie de la production est assurée principalement par 5 pays (Nigeria, Afrique du Sud, Egypte, Algérie et Maroc) en 2012, produisant 2,06 Mt d'une production totale de 3 Mt (The Poultry Site, 2014).

3.4.2.3. Production en Côte d'Ivoire

La production nationale d'œufs de consommation a fortement évolué sur la période 2010 – 2020, passant ainsi de 696 millions à 1,33 milliards d'œufs soit une augmentation de 92 % (ONCE, 2022).

3.4.3. Structure de l'œuf

3.4.3.1. Structure interne de l'œuf

3.4.3.1.1. Germe

Le germe forme un point foncé à la surface du jaune. L'œuf est stérile quand ce germe est constitué uniquement par la cellule reproductrice femelle, sinon il est fécond et est constitué par l'union de l'ovule et du spermatozoïde. L'œuf de consommation, qui est stérile, n'est donc pas un véritable œuf au sens biologique, il est encore un ovule.

3.4.3.1.2. Jaune ou vitellus

Le vitellus est une masse visqueuse, de couleur jaune-orangé uniforme, constitué de nombreux globules lipidiques. Il est contenu à l'intérieur d'une très fine membrane acellulaire, transparente, appelée membrane vitelline. Celle-ci contient à sa surface, des fibres connectées à la couche chalazifère. Au cours de la conservation, on note la disparition rapide de ces connexions. La masse totale du vitellus est composée de couches alternativement jaunes et

blanches. Elles ont pour origine des variations de disponibilité des pigments xanthophylles contenus dans l'alimentation des poules (Saïdou, 2005). Les animaux ne peuvent pas synthétiser les caroténoïdes, aussi leur pigmentation dépend directement des apports alimentaires. Chez la poule, l'efficacité de coloration pour le jaune d'œuf est très variable d'un caroténoïde à un autre, car elle est influencée par l'absorption intestinale, le transfert plasmatique, l'efficacité d'exportation dans les tissus et le métabolisme de dégradation des caroténoïdes (Nys, 2010). L'efficacité du dépôt dans le jaune est respectivement de 14 % pour l'astaxanthine, 25 % pour la zéaxanthine et 30 à 40 % pour la canthaxantine (Hencken1992). Le dépôt de caroténoïde dans le jaune est rapide (< 48 heures) mais une dizaine de jours sont nécessaires pour obtenir une couleur stable puisque cette durée correspond au temps moyen déformation d'un jaune (Nys, 2010).

C'est la principale source de vitamines et de minéraux de l'œuf, ainsi que de protéines et d'acides gras essentiels, il représente le 1 / 3 du poids de l'œuf (sans coquille). La couleur varie du jaune pâle au jaune orange selon le régime alimentaire de la poule. Les protéines et les lipides du jaune ne doivent pas être considérés ensemble. Le jaune est, en effet, une source de lipides facilement dispersables dans l'eau. Ses protéines sont à mettre en relation avec la haute teneur en phospholipides, car tous les lipides (y compris les triglycérides) sont associés à deux protéines au moins, la vitelline et la vitellénine (Bourre, 2005).

Tandis que les colorations jaunes ou jaune orangées sont très recherchées par les consommateurs, il peut arriver que le jaune de l'œuf comporte d'autres colorations généralement indésirables. Il en est ainsi du vert lié à l'ingestion de certaines crucifères sauvages. Le brun saumon est associé au tourteau de coton ou à des additifs médicamenteux nicarbazine, citrate de pipérazine). Le gris peut survenir à la suite de traitements aux chlorotétracyclines. Un excès de pigments rouges peut entraîner une coloration rosée. Enfin, de nombreux colorants de synthèse, en particulier lorsqu'ils sont liposolubles, peuvent facilement se retrouver dans le vitellus et donner des colorations inattendues. Le tableau 8 présente les éléments majeurs du jaune de l'œuf (Salifou, 2007).

Généralités

Tableau 8 : Eléments majeurs du jaune d'œuf (Salifou, 2007)

Composition centésimale du jaune d'œuf de poule (% de la matière sèche)	
Glucose libre	0,4
Minéraux	2,1
Vitamines	1,5
Lipides	63
Protéines	33
- Livétines	4 à 10
- Phosvitine	5 à 6
- Vitelline	4 à 15
- Vitellénine	8 à 9
Protéines dont :	3,2 g
Livétines (hydrosolubles)	0,4 à 1,0
- Phosvitine	0,5
- Vitelline	0,4 à 1,5
- Vitellénine	0,9
Lipides dont :	6,4 g
Triglycérides	4,1
- Phospholipides	1,90
- Cholestérol	0,25
- Vitamines et pigments	0,13

3.4.3.1.3. Blanc ou albumen

L'albumen n'est pas un milieu homogène mais il résulte de la juxtaposition de quatre zones distinctes physiquement :

- le blanc externe liquide : 8 g ou 23 % du blanc total, il jouxte d'une part, les membranes coquillières et d'autre part le blanc épais. Il s'étale rapidement sur une surface plane si l'œuf est cassé ;
- le blanc épais : 20 g ou 57 % du blanc total, il est attaché aux deux extrémités de l'œuf et a l'aspect d'un gel ; le blanc interne liquide : 6 g ou 17 % du blanc total, il se trouve entre le blanc épais et le jaune ;
- les chalazes : 1 g ou 3 % du blanc total, de nature protidique, c'est une sorte de filaments spiralés allant du jaune vers les deux extrémités de l'œuf à travers le blanc épais et maintenant l'œuf au centre de la coquille. Leur rupture conduit à une adhérence du jaune contre la coquille.

Avant la ponte, la qualité du blanc épais dépend de l'hérédité, de l'âge de la poule, de son alimentation, de l'état de santé du troupeau et de la mue forcée. Plus l'œuf vieillit, plus la quantité de blanc épais diminue graduellement (Andrianalison, 2008). C'est un effet de liquéfaction graduelle du blanc qui s'accompagne d'un aplatissement du jaune. Les causes de cette détérioration sont les températures d'entreposage élevées et les réactions chimiques et physiques. Comme l'œuf est une denrée périssable, il doit être conservé au frais en tout temps. Un entreposage à la température de la pièce entraîne une liquéfaction de l'albumen précoce.

Il est composé surtout d'eau, de protéines de haute qualité et de quelques minéraux. Le poids du blanc représente le 2 / 3 du poids total de l'œuf (sans la coquille). Le blanc de l'œuf est de nature hétérogène car il résulte de la juxtaposition de quatre zones distinctes physiquement. Le blanc liquide externe (23 % du blanc total, soit 8 g) est au contact des membranes coquillières. C'est cette zone qui s'étale rapidement lorsque l'œuf est cassé sur une surface plane. Avant la ponte, la qualité du blanc épais dépend de l'hérédité, de l'âge de la poule, de son alimentation et de l'état de santé du troupeau, mais sa quantité est influencée par le vieillissement de l'œuf (Andrianalison, 2008). Le blanc épais (21 g ou 57 %) est attaché aux deux extrémités de l'œuf et présentant l'aspect d'un gel. Quant au blanc liquide interne (7 g ou 17 %), il est enfermé entre le blanc épais et le jaune. Les chalazes (1 g ou 3 %) sont des sortes de filaments spiralés allant du jaune vers les deux extrémités de l'œuf à travers le blanc épais et assurant la localisation du jaune à l'intérieur de l'œuf. Leur rupture entraîne une adhérence

du jaune contre la coquille. Elles sont caractéristiques de la fraîcheur de l'œuf parce que plus l'œuf est frais, plus les chalazes sont visibles (Bourre, 2005) (Figure 7).

Selon le même auteur, les proportions relatives de ces différentes zones varient avec le poids de l'œuf : lorsque celui-ci croît avec l'âge de la poule, la part de blanc épais augmente et celle de blanc liquide interne diminue ; la part de blanc liquide externe n'est pas affectée dans ce cas. Alors qu'elle l'est fortement après la ponte de l'œuf. Le blanc est composé en quasi-totalité d'eau et de protéines, avec quelques minéraux, ce qui représente une grande originalité pour un produit comestible d'origine animale (90 % de la matière sèche sont des protéines). Il renferme également du glucose libre (qui constitue la première source d'énergie utilisable par l'embryon de poulet). Très peu de facteurs alimentaires agissent réellement sur la qualité du blanc : les apports en protéines totales et en acides aminés essentiels sont notamment sans effet sur ce critère et n'agissent que sur la quantité de blanc secrétée. Au moment de la ponte, le blanc renferme du gaz carbonique qui se dégage dans les jours qui suivent. Ce dégagement provoque une élévation du pH du blanc : égal à 7,4 au moment de la ponte, il devient voisin de 9,2 - 9,5 en 3 à 6 jours (suivant la température) puis n'évolue pratiquement plus. La conséquence la plus connue de cette élévation de pH est la liquéfaction du blanc qui se traduit dans l'œuf conservé entier par une migration progressive du jaune vers le point le plus haut de l'œuf, généralement le gros bout (Figure 8) (Müller, 2018).

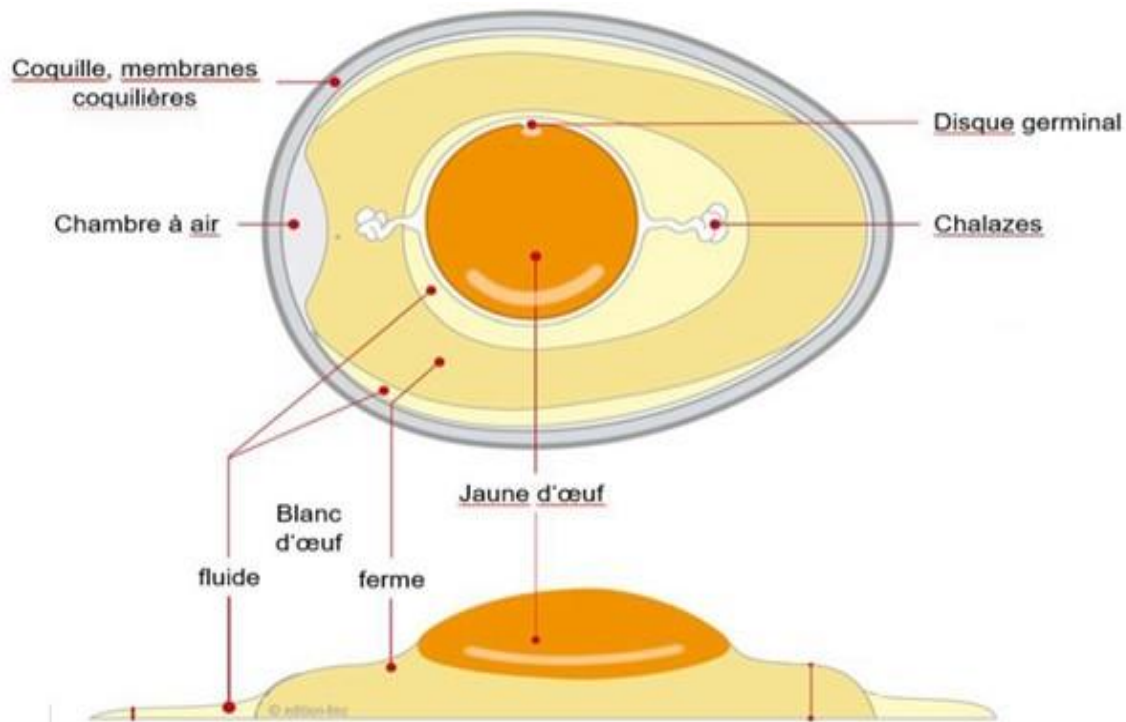


Figure 7: Structure interne de l'œuf (source : Müller, 2018)



Figure 8: Qualité interne de l'œuf (source : Müller, 2018)

3.4.3.1.4. Membranes coquillères

Adhérent fortement l'une à l'autre sauf au niveau de la chambre à air, les membranes coquillères sont constituées de deux ou trois couches protéiques. Leur épaisseur totale est d'environ 70 μm répartis en 20 μm pour la membrane interne et 50 μm pour l'externe. Ces membranes constituent une barrière protectrice à l'égard des moisissures et des bactéries, et à travers lesquelles se produisent des échanges gazeux entre l'œuf et le milieu extérieur. Il faut noter que la chambre à air n'existe pas au moment de la ponte mais apparaît immédiatement après, lorsque le refroidissement de l'œuf entraîne une légère contraction de ses contenus (Bourre, 2005).

3.4.3.2. Structure externe de l'œuf : coquille

La coquille est composée d'une trame protéique dans laquelle se développent les cristaux de carbonate de calcium. Elle représente 10 % du poids de l'œuf et son épaisseur est comprise entre 0,3 et 0,4 mm. La coquille est traversée par de nombreux pores dont le nombre important au niveau du gros bout de l'œuf, assure la formation de la chambre à air par le mécanisme des échanges gazeux entre l'albumen et le milieu extérieur de l'œuf (Musabimana, 2005). La coquille est rigide mais poreuse. Et la présence de 8000 à 10000 minuscules pores est suffisante pour permettre une bonne respiration de l'embryon, surtout à l'humidité et aux gaz de pénétrer (pour l'oxygène) et de s'échapper (pour le dioxyde de carbone). Chacune des

Généralités

membranes coquillières est formée par la superposition de couches de fibres protéiques entrecroisées. Elles se superposent à l'intérieur de la coquille :

- une membrane coquillière externe qui colle à la coquille ;
- une membrane coquillière interne qui entoure le blanc (albumen) (Figure 9).

C'est la deuxième ligne de défense de l'œuf contre les bactéries, elles sont composées de minces couches de fibres protéiques. La chambre à air qui se trouve au bout large de l'œuf s'est formée à mesure que l'œuf refroidit. Elle n'existe pas encore au moment de la ponte, et plus l'œuf est frais, plus la chambre à air est petite. L'épaisseur de la coquille dépend du temps que l'œuf passe dans l'utérus et la vitesse à laquelle le calcium est déposé (Nys & Gautron, 2005). Si l'œuf passe trop peu de temps dans l'utérus, la coquille sera fine. Certaines souches de poules peuvent avoir un taux de dépôt du calcium plus rapide que d'autres. L'épaisseur de la coquille diminue aussi au fur et à mesure que la poule vieillit. L'œuf acquiert sa solidité au fur et à mesure que la ponte évolue (Akouango, 2014). L'âge de la poule est le premier facteur de variation de la qualité de la coquille. Pour un poids d'œuf donné, le poids de coquille déposée diminue légèrement avec l'âge de l'animal. Ainsi, pour un œuf de 62 g, il diminue d'environ 5,80 g (9,35 %) à 5,55 g (8,95 %) entre 37 et 70 semaines d'âge. Il n'y a pas de facteurs alimentaires susceptibles de modifier la coloration de coquille, à l'exception de substances telles que le Nicarbazine ou la Chlorotétracycline. Des infections virales (maladie de Newcastle, bronchite infectieuse) affectent d'une manière importante la coloration de la coquille. Dans une moindre mesure, le parasitisme intestinal et les infections colibacillaires affectent également la couleur de la coquille.

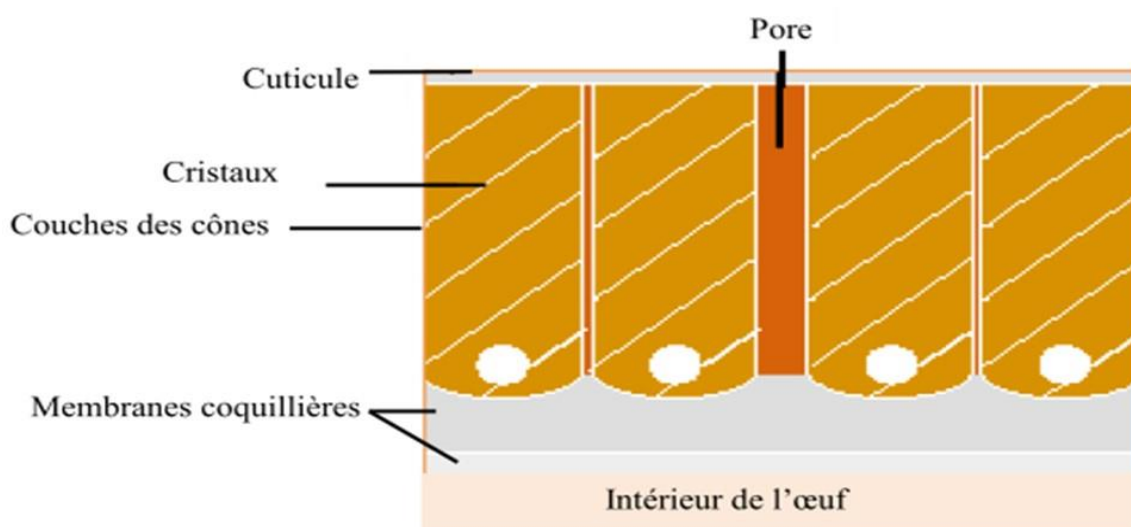


Figure 9: Différentes parties d'une coquille de l'intérieur vers l'extérieur

3.4.4. Quelques caractéristiques physiques de l'œuf

3.4.4.1. Calibre de l'œuf

Le calibre est le classement que bénéficie les œufs selon leur poids. Les dimensions courantes d'un œuf de 60 g sont pour la longueur, qui est la distance entre les deux bouts ou pôles, est en moyenne 5,7 cm avec des extrêmes de 4,7 cm et 6,9 cm. La largeur, qui est la distance au niveau du plus grand diamètre, est de l'ordre de 4,2 cm avec des extrêmes de 3,4 cm et 4,8 cm. La grande circonférence de l'œuf est de 16 cm tandis que la petite est de 13 cm (Mbao, 1994).

3.4.4.2. Poids de l'œuf

Le poids moyen de l'œuf traduit l'activité anabolique des trois parties : vitellus, blanc et coquille. Dans les conditions d'un élevage rationnel bien conduit, il augmente au fur et à mesure que les poules vieillissent. Le premier œuf a un poids qui dépend de l'âge auquel les poules ont atteint leur maturité sexuelle. Il est d'autant plus petit que les animaux sont précoces. Aussi, pour éviter d'avoir des œufs non commerciabes, parce que leur poids est inférieur à 45 g, on a intérêt à retarder la maturité sexuelle à au moins 20 semaines par le biais du programme lumineux. Les œufs les plus recherchés pèsent généralement entre 55 et 65 g. Mais en fin de saison de ponte, une forte proportion pèse autour de 70 g. Une bonne alimentation est la première condition pour la réussite d'un élevage (Périquet, 2004).

L'augmentation du poids de l'œuf en fonction de l'âge des poules est particulièrement rapide au cours des premiers mois de ponte. Outre les facteurs liés aux animaux (origine génétique, précocité sexuelle, âge), il en existe bien d'autres influençant le poids de l'œuf. Ce sont d'une part les conditions d'alimentation, d'autre part celles du milieu ambiant. Le poids de l'œuf dépend de l'apport alimentaire de nutriments indispensables, en particulier les acides aminés et dans une moindre mesure le phosphore assimilable et les acides gras essentiels. Cela conduit à définir les besoins pour un poids d'œuf maximum en tenant compte des caractéristiques de l'animal (poids vif moyen et variation de poids en cours de ponte). La présence de facteurs antinutritionnels dans la ration peut réduire quelquefois très fortement le poids de l'œuf. La nature du programme lumineux, en particulier lorsque le nyctémère est différent de 24 heures, peut modifier le poids de l'œuf. De même, les températures élevées le réduisent (ISA, 2009). L'effet est, dans ce cas, aggravé par l'excès d'humidité.

3.4.5. Parts relatives des constituants d'un œuf

Les parts relatives de chacun de ces constituants peuvent varier dans des proportions importantes en fonction des facteurs examinés. Les chiffres moyens applicables à un œuf de poule sont : coquille 10,30 %, blanc 56,90 %, jaune 32,8 % (This, 2008) (Tableau 9).

Tableau 9 : Part relatives des constituants de l'œuf (This, 2008)

Fraction	% de la masse totale	Matière sèche
Coquille	10,3	98,4
Blanc	56,9	12,1
Jaune	32,8	51,3

3.4.6. Valeurs nutritionnelles et évolution de la composition de l'œuf après la ponte

3.4.6.1. Valeurs nutritionnelles

L'œuf est constitué de 60 % de blanc et de 30 % de jaune, contenus dans une coquille qui représente 10 % du poids total. La partie comestible de l'œuf renferme $\frac{3}{4}$ d'eau environ et $\frac{1}{4}$ de matière sèche. En première approximation, 100 g des parties comestibles renferment 12,3 g environ de protéines, autant de lipides et 154 kilocalories (Tableau 10) (Nys & Sauveur, 2004). La coquille renferme 1,6 % d'eau et 3,3 % de protéines qui constituent sa trame.

Le blanc est composé en quasi-totalité d'eau et de protéines, avec quelques minéraux (90 % de la matière sèche sont des protéines). Il renferme également du glucose libre (deux fois plus concentré que dans le plasma sanguin) qui constitue la première source utilisable par l'embryon. Le jaune est une source de lipides facilement dispersables dans l'eau et permettant l'émulsion d'autres substances. Ces propriétés sont dues à la haute teneur en phospholipides et au fait que tous les lipides (y compris les triglycérides) sont associés à deux protéines au moins, vitelline et vitellénine. Les lipides du jaune sont représentés à 65 - 70 % par des graisses neutres (triglycérides) et à 25 - 30 % par des phospholipides. En outre, la composition en acides gras de ces lipides peut varier légèrement en fonction de l'aliment ingéré par la poule. Par ailleurs, les phospholipides sont plus riches en acides désaturés que les triglycérides et les acides gras saturés sont présents en quantité beaucoup plus stable que les insaturés. La composition de l'œuf varie suivant plusieurs facteurs comme le poids de l'œuf, l'âge de la poule, l'origine génétique, la saison et la température, le mode d'élevage, l'alimentation et la durée après ponte. Il est possible de faire varier de manière importante leur teneur dans l'œuf par modification de l'alimentation de la poule pondeuse (Bouvarel *et al.*, 2010). Concernant les éléments minéraux, l'œuf est surtout riche en P, S, Fe, Na, K et Cl. Dans une proportion égale à 100 g d'œuf frais,

Généralités

les teneurs respectives en ces minéraux sont de 193 ; 164 ; 1,7 ; 200 ; 125 et 172 g / 100 g d'œuf frais (Nys & Sauveur, 2004). Par ailleurs, seuls les Na, K, Cl sont présents à l'état libre, les autres sont liés aux protéines et aux phospholipides. Le jaune d'œuf est la partie ayant la valeur nutritionnelle la plus élevée (Tableau 11).

Tableau 10: Composition moyenne de l'œuf de poule (par 100 g ; œuf sans coquille) (Nys & Sauveur, 2004)

Constituants	Blanc	Jaune	Œuf sans coquille
Portion part comestible	60	30,7	90,7
Eau (%)	88,6	49	74,4
Protéines (%)	10,6	16,1	12,3
Glucides (%)	0,8	0,5	0,7
Lipides (%)	0,1	34,5	11,9
Cendres (%)	0,5	1,6	0,9
Calories (cal)	47	364	154

Tableau 11 : Composition moyenne de l'œuf (100 g produit frais) (Nys & Sauveur, 2004)

Nutriments	Blanc	Jaune	Œuf entier
Phosphore (mg)	18	530	193
Soufre (mg)	163	165	164
Fer (mg)	0,1	4,8	1,7
Sodium (mg)	155	50	200
Potassium (mg)	140	100	125
Chlore (mg)	175	162	172

3.4.6.2. Evolution de la composition de l'œuf après la ponte

La « fraîcheur » de l'œuf est la caractéristique qualitative de ce produit à laquelle le consommateur est le plus sensible. En réalité, l'évolution de l'œuf après la ponte affecte surtout certaines propriétés physico-chimiques et, éventuellement, la qualité bactériologique du produit. Les caractéristiques nutritionnelles sont, quant à elles, très peu affectées.

Au moment de la ponte, l'œuf est un système complexe soumis à plusieurs séries d'équilibres internes entre blanc et jaune. Après la ponte, il y a des pertes gazeuses qui sont surtout constituées par des vapeurs d'eau. Elles se traduisent par une perte de poids total de l'œuf mais aussi par un accroissement de la teneur relative en matière sèche du blanc. Cet accroissement s'accélère avec le temps car la cuticule se dégrade. Il est responsable de la perte

de poids de l'œuf et de l'augmentation du volume de la chambre à air au cours de la conservation (Bijve, 2006).

Après le stockage de l'œuf, il est constaté :

- une teneur du jaune en eau anormalement élevée (jusqu'à 57 %) ;
- une diffusion rapide du fer du jaune vers le blanc, donnant à ce dernier une coloration rose ;
- une pénétration de protéines dans le jaune lui donnant une couleur saumon.

Mis à part quelques phénomènes secondaires ne touchant que les oligo-constituants de l'œuf, ce dernier présente globalement une constance de composition assez remarquable qui fait sa réputation nutritionnelle. Les problèmes bactériologiques éventuels ou ceux liés à la couleur du produit (coquille et jaune) ne doivent donc pas être confondus avec les propriétés nutritionnelles vraies qui sont toujours satisfaisantes quelle que soit l'origine de l'œuf.

Les autres modifications de composition de l'œuf qui interviennent après la ponte sont extrêmement faibles (Tableau 12). Elles concernent notamment quelques activités enzymatiques et inhibitrices d'enzymes. Ainsi, l'albumen cru présente une activité antitrypsique élevée (attribuée à l'ovomucoïde) et une action plus discrète d'inhibition des protéases en général. Ces activités sont réduites par la conservation de l'œuf à basse température.

Les modifications physico-chimiques qui interviennent dans l'œuf après la ponte sont résumées dans le tableau 12. Ainsi, après la ponte, il est constaté l'apparition d'odeur de vieux, la diminution du poids spécifique entraînant la perte de poids de l'œuf entier. Au niveau de la coquille, il est observé la modification de la fluorescence, un élargissement des fissures des plaques entraînant un changement de perméabilité ainsi que des éventuelles apparitions de tâches. Concernant l'albumen, une perte de CO₂ et d'eau ainsi que des minéraux divalents (Ca et Mg) est produite. Une augmentation rapide du pH puis une diminution ainsi que des modifications biochimiques des protéines (ovomucines, conalbumines, etc) sont observées. Le point de congélation est relevé. Le liquide externe s'évapore à travers la coquille quant au liquide interne, il est formé d'eau du jaune. Le volume de la chambre à air augmenté contrairement à la membrane vitelline qui diminue de résistance. Quand au jaune, il est constaté une augmentation puis une diminution de la teneur en eau. Le pH, la teneur en ammoniac ainsi que la teneur en Ca et Mg provenant de l'albumen augmentent tandis que le point de congélation et la viscosité diminue. Il se produit la perte d'acides aminés libres vers l'albumen après la ponte (Tableau 12) (Sauveur, 1988).

Généralités

Tableau 12: Modifications essentielles intervenant dans l'œuf en coquille après la ponte (Sauveur, 1988)

	Modifications	
Œuf entier	<ul style="list-style-type: none"> - Perte de poids - Diminution du poids spécifique - Apparition d'odeur de vieux 	
Coquille	<ul style="list-style-type: none"> - Modification de fluorescence - Elargissement des fissures des plaques (changement de perméabilité) - Eventuellement apparition de tâches 	
Albumen	<ul style="list-style-type: none"> - Perte de CO₂ et d'eau - Augmentation rapide de pH (puis diminution) - Relèvement du point de congélation - Perte de minéraux divalents (Ca et Mg) - Modifications biochimiques des protéines (ovomucines, conalbumines etc...) 	<ul style="list-style-type: none"> - Liquide externe : évaporation à travers la coquille - Liquide interne : perte d'eau du jaune
Chambre à air	Augmentation de volume	
Membrane vitelline	Démunissions de la résistance	
Jaune	<ul style="list-style-type: none"> - Augmentation puis diminution de la teneur en eau - Augmentation puis diminution de volume - Intensification de coloration - Augmentation de pH - Diminution du point de congélation - Diminution de viscosité - Augmentation de la teneur en ammoniac - Perte d'acides aminés libres vers l'albumen - Augmentation de la teneur en Ca et Mg (en provenance de l'albumen) 	

3.4.7. Qualité des œufs

Elle conditionne la commercialisation et recouvre la qualité interne des œufs et la qualité de la coquille. La qualité interne des œufs est déterminée par le jaune d'œuf, l'intégrité des membranes et le blanc d'œuf. La qualité des œufs peut être affectée par des causes d'origine nutritionnelle comme le manque de calcium, de phosphore, de vitamines, la qualité de l'eau, les contaminations alimentaires et des apports d'additifs. Les conditions de stockage, le stress et l'âge des poules interviennent également (Kalivogui, 2005). Les œufs sont triés puis calibrés. Ainsi, trois catégories se déclinent. Les œufs de la catégorie A (œuf coquille). Ce sont des œufs à coquille et cuticule propres, intacts, de forme normale. La chambre à air de cette catégorie a une hauteur ne dépassant pas 6 millimètres et immobile. Toutefois, pour les œufs commercialisés sous la mention « extra », elle ne doit pas dépasser 4 millimètres. Le jaune est visible au mirage sous forme d'ombre seulement et sans contour apparent, lorsque l'on fait tourner l'œuf, légèrement mobile et revenant à une position centrale. Le blanc est clair et translucide. Quand au germe, le développement imperceptible. Aucune substances et odeurs étrangères ne sont tolérées. Les œufs de catégorie A ne sont ni lavés ni nettoyés, ni avant ni après le classement. Les œufs de la catégorie B ou œufs « 2^{ème} qualité ou conservés » sont les œufs qui ne respectent pas les critères de qualité de la catégorie A. Ces œufs peuvent être fêlées ou sales mais ni cassés ni incubés). Ils peuvent être orientés vers le circuit des ovoproduits pasteurisés. Quant aux œufs de la catégorie C ou œufs industriels, sont les œufs déclassés (cassés, incubés ne respectant pas les critères des catégories A ou B. Ces œufs sont destinés à l'industrie non alimentaire, alimentation pour animaux domestiques (Réhault-Godber *et al.*, 2017).

Le classement des œufs de consommation en fonction des poids est mentionné dans le tableau 13. Les œufs de la catégorie XL ont un poids supérieur ou égal à 72. Quand aux œufs de la catégorie L, M et S, dans la réglementation de juillet 1996, ils sont considérés comme des gros, moyen et petits œufs respectivement (Réhault-Godber *et al.*, 2017).

Tableau 13 : Classement par catégorie de poids (Réhault-Godber *et al.*, 2017)

Catégorie	Réglementation de juillet 1996	Poids (g)
XL	Très gros	≥ 72
L	Gros	≥ 63
M	Moyen	≥ 53
S	Petit	≥ 45

3.4.8. Facteur influençant la qualité des œufs

Une ration mal équilibrée ou insuffisante entraîne une réduction de volume des œufs. De plus, la teneur en calcium de la ration influe sur la résistance de la coquille. Par le taux de pigments caroténoïdes dans la ration comme le maïs jaune, la couleur du jaune peut être améliorée. Il faut noter aussi que l'œuf peut acquérir une odeur anormale en fixant dans ses lipides des substances volatiles se trouvant dans l'environnement immédiat. Par ailleurs, selon Bouvarel *et al.* (2010), le poids de l'œuf est influencé par la constitution génétique de la poulette mais aussi par son âge et poids d'entrée en ponte.

La qualité de l'œuf se révèle fortement influencée par les modifications physiologiques liées à l'âge de la poule, à une mue ou par les conditions environnementales (température, lumière et système d'élevage). Le poids de l'œuf augmente avec l'âge des poules, du fait notamment d'un accroissement de la part de jaune. L'âge de la poule réduit la qualité de la coquille ainsi que les propriétés fonctionnelles des œufs. La mue restaure, pour un cycle plus court, les performances des poules et la qualité des œufs, dégradée en fin de premier cycle. L'augmentation de la température ambiante en élevage entraîne, dès 30°C, des perturbations de l'équilibre acido-basique et une chute de la consommation d'aliment. Celles-ci réduisent la production d'œufs, leur poids et leur qualité de coquille. Les programmes lumineux mis en place avant et après l'entrée en ponte, conditionnent la courbe de ponte. L'application de nycthémères supérieurs à 24 h ou de programmes fractionnés symétriques augmente le poids d'œuf et l'épaisseur de coquille mais les directives européennes interdisent leur usage. La qualité sensorielle, nutritionnelle ou technologique de l'œuf est faiblement affectée et de manière inconstante par le système de production, volière ou cage. Certaines cages aménagées ont initialement engendré une détérioration de l'intégrité des œufs mais des modifications de leur conception, de la disposition des aménagements et de la taille du groupe aboutissent progressivement à l'obtention de résultats comparables à ceux obtenus en cages conventionnelles (Travel *et al.*, 2011).

Deuxième partie : Matériel et méthodes

1. Matériel

1.1. Site d'expérimentation

L'expérimentation s'est déroulée de novembre 2020 à décembre 2021. Elle a été menée à Port-Bouët plus précisément dans la ferme privée DEVA située à Abbeykro derrière l'Aéroport Félix Houphouët Boigny (Côte d'Ivoire), non loin du domaine privé Makkaiis. Le site abrite quatre (4) bâtiments dont deux (2) grands (A et B) et deux (2) petits (C et D). Les dimensions des bâtiments A sont longueur / largeur ; 25 m / 8 m et B 20 m / 5,5 m. Quant aux bâtiments C et D, ceux-ci ont des dimensions de 8 m / 5 m et 15 m / 3 m respectivement. Le bâtiment D a abrité les expérimentations (Figure 10). Deux sources d'énergies alimentent le site (un courant électrique fournit par la Compagnie Ivoirienne d'Electricité (CIE) et un panneau solaire qui assure la relève en cas de coupure de courant). Par ailleurs, un forage existe pour l'abreuvement des animaux et d'autres usages.

1.2. Matériel technique

Le matériel technique ayant servi à la réalisation de l'étude est assez composite. Il comprend un appareil photographique numérique de marque SAMSUNG (Schneider-KREUZNACH, VARIOPLAN 4,9-24,5 mm 1 : 3,5-5,9 27 mm, 5X) pour les prises d'images et des balances. Parmi les balances, figurent une automatique marque Electronic Kitchen de capacité 7 kg et de précision 1 g (N° de serie B05) de production chinoise, pour la pesée des matières premières de petite quantité, une balance semi-automatique (NAKKO, de capacité 100 kg et de précision 250 g) utilisée pour peser les grandes quantités de matières premières et une balance de précision (marque ABT 320 - 4M) pour peser les échantillons de tourteau de cajou et des aliments à analyser. Le matériel technique comprend également des bâches de séchage du tourteau de cajou après production et un couscoussier ayant servi à réhydrater la poudre de cajou.

Par ailleurs, le bâtiment d'élevage est un bâtiment de 15 m x 3 m qui a été aménagé en 5 compartiments séparés par des filets (Figure 10). Chaque compartiment avait une superficie de 9 m² dans lequel était installé deux (2) abreuvoirs et trois (3) mangeoires coniques. Un pied à coulisse de marque AMES 25 était également utilisé pour la prise de mesure des œufs. Quatre des cinq compartiments ont été utilisés pour nos expérimentations et un a servi de magasin de stockage des matières premières et des aliments. La ventilation du bâtiment est naturelle avec une orientation Nord-Sud. La litière faite de copeau de bois recouvrait le sol et était renouvelée toutes les deux semaines.



Figure 10 : Bâtiment d'expérimentation

1.3. Matériel de laboratoire

Le matériel de laboratoire est constitué d'appareillage et verrerie. Au nombre des appareils il y a une machine à presse à vis. Elle a été utilisée pour extraire l'huile de cajou. Une étuve de marque MMM Med Center Venticell, Allemagne a été utilisée pour déterminer le taux d'humidité contenu dans les échantillons. Un four à moufle de marque CERADEL, industries a été utilisée pour la calcination des échantillons pour d'éventuelles analyses. Un Rotavapor IKA HB 10 basic a été également utilisé pour l'extraction des solvants. Un appareil de KJELDAHL a été utilisée pour déterminer la teneur en azote. L'appareil de SOXHLET a été utilisé pour déterminer la teneur en lipides des échantillons. Un spectrophotomètre d'absorption atomique à flamme de marque VARIAN AA.20 a été utilisé pour la détermination des minéraux. Un cyclotec a été utilisé pour le broyage des échantillons soumis à exigences élevées en termes d'uniformité et de finesse de taille des particules. Un HPLC a été utilisé pour l'identification, la séparation et le dosage de composés chimiques dans un mélange. Un spectromètre PG instruments a été utilisé pour la mesure photométrique, les balayages de spectre, la détermination quantitative et l'analyse de DNA / Protein.

En outre, des produits chimiques ont été utilisés pour les différentes analyses physicochimiques.

1.4. Animaux expérimentaux

Les expérimentations ont porté sur des poules pondeuses. De son nom scientifique, *Gallus gallus domesticus*, la souche ISA Brown a été choisie. Les poussins au départ, proviennent d'Ivoire Poussins. Ivoire Poussins est le représentant exclusif de la souche ISA Brown en Afrique de l'Ouest. A partir de la septième semaine, 2016 poulettes ont été sélectionnées (Figure 11).



Figure 11: Matériel animal

1.5. Matières premières et additifs alimentaires

Le maïs jaune local, le tourteau de coton, la farine de poisson local, l'huile de palme et le sel ont été acquis dans le commerce. Les compléments minéraux vitaminés (CMV) ponte, le fusal et le toxo (nom commercial), le tourteau de soja, le coquillage, le son de blé sous la dénomination GMA sont importés. Ils ont été obtenus auprès des entreprises mailvage pour CMV ponte, Fusal et Toxo, KENZ, pour le tourteau de coton, le tourteau de soja, le coquillage d'huitre et le GMA. Le tourteau de cajou, quant à lui a été produit à la ferme à partir des coproduits de cajou.

2. Méthodes

2.1. Caractéristiques nutritionnelles du tourteau de cajou et des aliments formulés

2.1.1. Production du tourteau de cajou

2.1.1.1. Production du tourteau de cajou

Des sous-produits (poudre, brisures et amandes déclassées) des amandes de cajou ont été collectées auprès des entreprises basées à Abidjan en Côte d'Ivoire. Ces sous-produits ont été utilisés pour produire le tourteau de cajou utilisé au cours de cette étude.

La production du tourteau de cajou à partir des sous-produits de la transformation des amandes s'est déroulée en huit (8) grandes étapes.

2.1.1.2. Collecte des co-produits et amandes déclassées de cajou

Les amandes de cajou (co-produits et amandes déclassées) ont été collectées de septembre 2020 à janvier 2021. Ces amandes ont été obtenues auprès des entreprises impliquées dans la transformation des amandes de cajou basées à Abidjan en Côte d'Ivoire. Ces co-produits et amandes déclassées de cajou (déchets industriels) se présentaient sous deux formes :

- les amandes déclassées, qui ne respectent pas les normes de commercialisation ou qui présentent un ou des défauts visuels impropres à la consommation humaine ;
- la poudre d'amande constituée par les rejets après blanchiment des amandes. Elle est produite de façon intentionnelle ou non au cours du process de transformation.

Ces sous produits ont été emballés dans des sacs de jute et pesés avec une balance de marque Générique.

2.1.1.3. Triage des amandes de cajou

L'objectif est de sélectionner des déchets parmi ceux qui sont réutilisables. Ainsi, deux (2) groupes de déchets ont été constitués. Le premier groupe est composé des amandes défectueuses et des corps étrangers (amandes moisies, trop rancies et trop perforées par les charançons, des grains de sable, emballage plastique etc.). Le second groupe renferme les pellicules de cajou. Cette opération de triage a été réalisée manuellement (Figure 12).

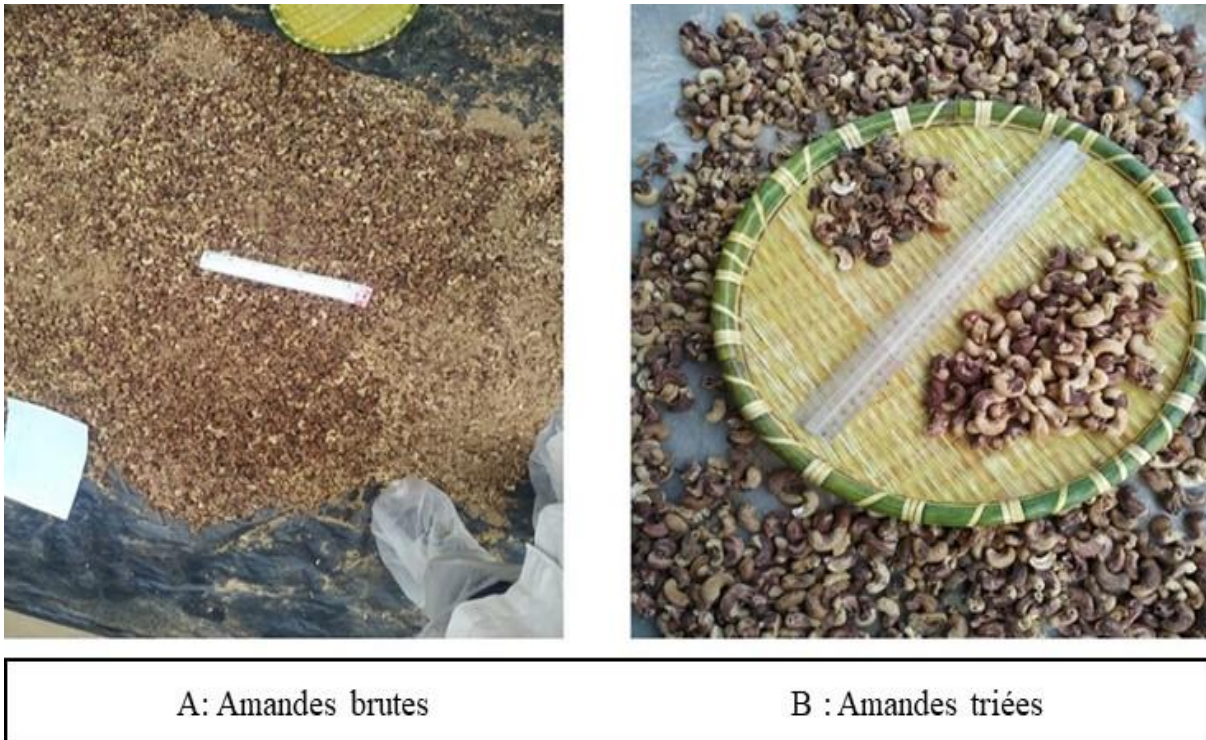


Figure 12 : Triage des amandes de cajou

2.1.1.4. Broyage des amandes de cajou

Après le triage, les sous-produits débarrassés des impuretés et autres amandes défectueuses ont été broyés à l'aide d'un broyeur mélangeur de marque Generic de capacité 1500 kg / h de puissance 7,5 kw et de grille 0,8 – 0,3 mm.

2.1.1.5. Réhydratation à la vapeur

A l'aide d'un couscoussier artisanal, la farine préalablement obtenue est chauffée sur du gaz (butane). Le dispositif expérimental est composé d'une marmite dans laquelle a été ajoutée 5 litres d'eau, d'une passoire métallique servant de transit pour la vapeur d'eau. La réhydratation a permis le chauffage de 12,5 kg de poudre d'amande de cajou pendant 15 minutes. L'objectif de cette étape est de ramollir la poudre des amandes desséchées.

2.1.1.6. Pressage de la poudre hydratée

Le produit réhydraté obtenu a été emballé dans un sac en nylon et soumis à un pressage au moyen d'une presse à vis pendant 20 minute. La pression a été réalisée par serrage d'une vis sans fin qui s'appuie sur une plaque métallique. La durée et la puissance de la pression sont très variables et soumises à notre appréciation. La presse utilisée est celle couramment utilisée au cours du processus de fabrication de l'attiéké (semoule de manioc) en Côte d'Ivoire. Cette opération a abouti à l'obtention d'une part de l'huile et des tourteaux de cajou d'autre part (Figure 13).



Figure 13 : Pressage et extraction de l'huile d'amande de cajou

2.1.1.7. Concassage des blocs

A la fin de l'étape précédente, des blocs de tourteau de cajou ont été obtenus. Ils ont été concassés à chaud afin d'éviter le durcissement des blocs et d'en faciliter l'utilisation. Le concassage a été effectué manuellement (Figure 14). Le tourteau obtenu est humide avec une granulométrie variante entre 0,3 et 0,8 mm.



Figure 14 : Concassage des blocs de tourteaux humides de cajou

2.1.1.8. Séchage du tourteau humide de cajou

Le tourteau de cajou humide obtenu après concassage a été étalé sur une surface propre au soleil pendant 14 heures (Figure 15). L'objectif de cette étape est d'augmenter la durée de

conservation du tourteau par abaissement du taux d'humidité. A la fin de cette étape, on obtient le tourteau de cajou prêt à être utilisé.



Figure 15 : Tourteaux de cajou séchés sur une bâche noire

2.1.2. Détermination des proportions d'impureté et du rendement de production de tourteau de cajou

A l'aide d'une balance semi-automatique de marque NAKKO, de capacité 100 kg, une quantité (100 kg) d'amande brute de cajou a été pesée, puis triée. Trois (3) essais ont été réalisés. Les impuretés sont pesées. La portion des impuretés est alors calculée selon la formule suivante :

$$\text{Impureté (\%)} = \frac{(\text{Amande Brute} - \text{Amande triée}) \times 100}{\text{Amande brute}} \quad (1)$$

Pour la détermination du rendement de production, une quantité de 100 kg d'amandes de cajou triées a été utilisée pour produire le tourteau de cajou. Trois (3) essais ont été réalisés. Le rendement de production du tourteau de cajou a été calculé à partir de l'expression suivante :

$$\text{Tourteau de cajou (\%)} = \frac{\text{Poids tourteau de cajou X 100}}{\text{Poids d'amandes triées}} \quad (2)$$

2.1.3. Production des aliments expérimentaux

2.1.3.1. Choix des ingrédients

Les matières premières ont été choisies par rapport à leur profil nutritionnel et leur disponibilité. Il existe plusieurs méthodes pour évaluer la valeur nutritive d'une matière première. Ce sont l'évaluation in vivo, l'utilisation des équations de prédiction et l'utilisation des tables d'évaluation des matières premières. Pour la réalisation de cette étude les matières premières utilisées ont été choisies suivant les tables de composition des matières premières (Annexe 2). Les matières premières locales utilisées comprennent le maïs jaune local, le tourteau de coton, la farine de poisson local et le sel ont été achetés dans le commerce. Les matières premières importées utilisées ont été obtenues auprès des entreprises Mailvage (pour le CMV ponte, le Fysal et le Toxo) et KENZ (pour le tourteau de coton, le tourteau de soja, le coquillage et le son de blé). Les tourteaux utilisés pour la réalisation de cette étude sont présentés en annexe 3.

2.1.3.2. Formules et aliments produits

Des formulations ont été faites en tenant compte des besoins en nutriments des poules pondeuses aux différentes phases d'élevage (croissance, pré-ponte et ponte). Ainsi, trois formulations ont été réalisées pour être distribuées aux phases correspondantes. Le tableau 14 présente la formulation des aliments distribués en phase de croissance. Pour cette phase, il existe :

- un aliment témoin (C0) ne renfermant pas de tourteau de cajou comme principale source de protéines végétales ;
- un aliment C1 contenant 100 % de tourteau de cajou (principale source de protéines végétales) ;
- un aliment C2 contenant 50 % de tourteau de cajou et 50 % de tourteau de soja ;
- un aliment C3 renfermant 95 % de tourteau de cajou et 5 % de tourteau de coton.

Dans ces formulations, la principale source de protéines végétales (tourteau) a varié en qualité et en quantité. Les autres matières premières et additifs ont été constants. Ainsi, dans 100 kg

Matériel et méthodes

d'aliments formulés, le sel, le coquillage d'huitre, le TOXO XL, le FYSAL MP, le CMV ponte, le son de blé et le maïs jaune ont été incorporés à des teneurs respectives de 0,4 ; 1 ; 0,2 ; 0,3 ; 1,3 ; 17,8 et 60 kg. Quant à la principale source de protéines végétales, l'aliment C0 contenait le tourteau de soja (19 kg). La formulation C1 contenait le tourteau de cajou comme principale source de protéines végétales. C'est la substitution du tourteau de soja au tourteau de cajou. Le tourteau de cajou incorporé était de 19 kg. Les formulations C2 et C3 connaissent deux sources de protéines végétales. La formulation C2, contenait le tourteau de cajou (9,5 kg) et le tourteau de soja (9,5 kg). La formulation C3, quant à elle contenait le tourteau de cajou (18,05 kg) et de coton (0,95 kg).

L'aliment de pré-ponte qui a été distribué au cours de cette phase physiologique, comprenait les formulations H0, H1, H2 et H3. Ces formulations diffèrent entre elles par les sources de protéines végétales. Dans la formulation H0, la principale source de protéines végétales était le tourteau de soja dans 100 kg d'aliments formulés. Il a été incorporé à 22 kg. La formulation H1 contenait 22 kg de tourteau de cajou pour 100 kg d'aliment formulé. Dans cette formulation (H1), le tourteau de soja a été substitué au tourteau de cajou. Deux sources de protéines végétales ont été utilisées dans les formulations H2 et H3. La formulation H2 contenait le tourteau de cajou (11 kg) et le tourteau de soja (11 kg) pour 100 kg d'aliments formulés. Dans la formulation H3, le tourteau de cajou et le tourteau de coton ont été incorporés à des teneurs respectives de 20,9 et 1,1 kg dans 100 kg d'aliment formulé. S'agissant des autres matières premières et additifs alimentaires ayant été utilisés, ils ont été les mêmes et incorporés à des teneurs égales quel que soit l'aliment (Tableau 15).

Les aliments de pontes distribués au cours de cette phase physiologique, étaient composés des aliments T0, T1, T2 et T3. Les principales sources de protéines végétales étaient composées des tourteaux de cajou, soja, coton. Dans la formulation T0, le tourteau de soja a été la principale source de protéines végétales. Il a été incorporé à près de 23 kg dans 100 kg d'aliment. La formulation T1 a le tourteau de cajou comme principale source de protéines végétales. Le tourteau de cajou a été incorporé à près de 23 kg dans 100 kg d'aliment. La formulation T1 est une substitution du tourteau de soja au tourteau de cajou. Les aliments T2 et T3 ont dans leurs formulations deux principales sources de protéines végétales. Concernant l'aliment T2, les tourteaux de cajou (11,5 kg) et de soja (11,5 kg) ont été incorporés. Quant à l'aliment T3, les tourteaux de cajou (21,85 kg) et de coton (1,85 kg) ont été utilisés. Dans 100 kg d'aliment formulé, le sel, le coquillage d'huitre, le TOXO XL, le FYSAL MP, le CMV ponte, le son de blé, le maïs jaune et la farine de poisson ont été incorporés à des taux respectifs de 0,3 ; 8 ; 0,15 ; 0,25 ; 1,25 ; 1,3 ; 65 et 0,75 kg (Tableau 16).

Matériel et méthodes

Tableau 14: Formulation des aliments distribués en phase croissance pour 100 kg

Matières premières	Aliments			
	C0 (kg)	C1 (kg)	C2 (kg)	C3 (kg)
T CAJOU	0,00	19,00	9,50	18,05
T soja	19,00	0,00	9,50	0,00
T Coton	0,00	0,00	0,00	0,95
Maïs jaune	60,00	60,0	60,0	60,0
Son de blé	17,80	17,80	17,80	17,80
CMV ponte	1,30	1,30	1,30	1,30
FYSAL MP	0,30	0,3	0,3	0,3
TOXO XL	0,20	0,20	0,20	0,20
Coquillage d’huitre	1,00	1,00	1,00	1,00
Sel	0,40	0,40	0,40	0,40
Total (kg)	100	100	100	100

T : Tourteau ; C0 : 0 % de tourteau de cajou ; C1 : 100 % tourteaux de cajou ; C2 : 50 % tourteaux de cajou ; C3 : 95 % tourteaux de cajou ;
CMV : Complexes minéraux vitaminés.

Tableau 15: Composition centésimale des aliments produites en phase pré-ponte

Matières premières	Aliments			
	H0 (kg)	H1 (kg)	H2 (kg)	H3 (kg)
T CAJOU	0,00	22,00	11,00	20,90
T soja	22,00	0,00	11,00	0,00
T Coton	0,00	0,00	0,00	1,10
Maïs jaune	64,00	64,00	64,00	64,00
Son de blé	8,00	8,00	8,00	8,00
CMV ponte	1,25	1,25	1,25	1,25
FYSAL MP	0,25	0,25	0,25	0,25
TOXO XL	0,15	0,15	0,15	0,15
Coquillage	4,00	4,00	4,00	4,00
Sel	0,35	0,35	0,35	0,35
Total (kg)	100	100	100	100

T : Tourteau ; H0 : 0 % de tourteau de cajou ; H1 : 100 % tourteaux de cajou ; H2 : 50 % tourteaux de cajou ; H3 : 95 % tourteaux de cajou ;
CMV : Complexes minéraux vitaminés.

Tableau 16: Composition centésimale des aliments expérimentales distribuées en période de ponte

Matières premières	Aliments			
	T0 (kg)	T1 (kg)	T2 (kg)	T3 (kg)
T CAJOU	0,00	23,00	11,50	21,85
T soja	23,00	0,00	11,50	0,00
T coton	0,00	0,00	0,00	1,15
Farine poisson	0,75	0,75	0,75	0,75
Maïs jaune	65,00	65,00	65,00	65,00
Son de blé	1,30	1,30	1,30	1,30
CMV ponte	1,25	1,25	1,25	1,25
FYSAL MP	0,25	0,25	0,25	0,25
TOXO XL	0,15	0,15	0,15	0,15
Coquillage	8,00	8,00	8,00	8,00
Sel	0,30	0,30	0,30	0,30
Total (kg)	100	100	100	100

T : Tourteau ; T0 : 0 % de tourteau de cajou ; T1 : 100 % tourteaux de cajou ; T2 : 50 % tourteaux de cajou ; T3 : 95 % tourteaux de cajou ; CMV : Complexes minéraux vitaminés.

2.1.4. Caractéristiques nutritionnelles des échantillons

2.1.4.1. Echantillons

Les échantillons étaient composés d'un (1) échantillon de tourteau de cajou. Les aliments prélevés quant à eux, étaient composés de 4 X 3 aliments. Ces aliments étaient ceux distribués aux différentes phases physiologiques (croissance, pré-ponte et ponte). Ce qui porte à treize (13) les échantillons qui ont été assemblés pour les analyses biochimiques ultérieures.

2.1.4.2. Préparation des échantillons

Les prélèvements de tourteau de cajou et d'aliments ont été tout d'abord broyés dans un moulin à marteau (grille de 3 mm). Ils ont été ensuite passés dans un cyclo tec (maille de 1 mm) et codifiés, puis conservés dans des pots en plastiques hermétiques. Ils ont été entreposés dans un placard et à température du laboratoire pour des analyses ultérieures.

2.1.4.3. Détermination des teneurs en humidité et matière sèche

La matière sèche a été déterminée par la méthode de Wolf (Rawan, 2011). La matière sèche (MS) constitue la partie d'un produit végétal qui reste une fois que l'eau en a été totalement éliminée. Dans un creuset en porcelaine préalablement séché et taré, un poids de 5 g d'échantillon frais (tourteau de cajou ou aliments) a été pesée. Le tout est porté à l'étuve à

Matériel et méthodes

105 °C jusqu'à un poids constant. L'ensemble a été rétiré puis refroidi dans un dessiccateur. Il a été de nouveau pesé. Le pourcentage d'humidité et la matière sèche ont été déterminés selon les formules :

$$\text{Humidité (\%)} = \frac{(M1 - M2) \times 100}{Me} \quad (3)$$

$$\text{MS (\%)} = 100 - \text{Humidité (\%)} \quad (4)$$

Me : Poids (g) de l'échantillon de tourteau de cajou ou d'aliment

M1 : Poids (g) de l'ensemble (creuset + échantillon) avant étuvage

M2 : Poids (g) de l'ensemble (creuset + échantillon séché) après étuvage

MS : Matière sèche.

2.1.4.4. Détermination des teneurs en protéines

Les teneurs en protéines des différents échantillons de tourteau de cajou et d'aliment ont été déterminées selon la méthode Kjeldahl (AOAC, 1990). Un échantillon de broyat sec de tourteau de cajou ou d'aliment (préalablement séché) de 1 g a été chauffé à 400 °C pendant 150 min en présence d'une pincée du mélange de catalyseur [sélénium + sulfate de potassium (K_2SO_4)] et 20 mL d'acide sulfurique (H_2SO_4) 95 - 97 %. Le minéralisât obtenu a été complété à 60 mL avec de l'eau distillée. Ensuite, 50 mL de soude (40 %, p/v) ont été ajoutés. Ce mélange a été porté à ébullition dans un distillateur de type LEGALLAIS. L'ammoniac dégagé a été piégé dans un vase doseur contenant 10 mL du mélange d'acide borique (4 %, p / v) avec un indicateur mixte (rouge de méthyle + vert de bromocrésol) à pH 4,4 -5,8. Le dosage a été ensuite réalisé par une solution décimale (0,1 N) d'acide sulfurique. Un blanc a été réalisé dans les mêmes conditions que l'essai. La teneur en protéines de chaque échantillon exprimé en pourcentage par rapport à la matière sèche a été déterminée selon l'équation suivante :

$$\text{Protéines brutes (\%)} = \frac{(V1 - V0) \times 14,007 \times 6,25 \times N}{Me} \times 100 \quad (5)$$

V0 : Volume (mL) de solution d'acide sulfurique versé pour le blanc.

V1 : Volume (mL) de solution d'acide sulfurique versé pour l'essai (échantillon)

N : Normalité de la solution d'acide sulfurique (0,1 N)

Me : Poids (g) de l'échantillon

14,007 : Masse atomique de l'azote

6,25 : Coefficient de conversion de l'azote en protéines

2.1.4.5. Détermination des teneurs en cendres

Les teneurs en cendres des différents échantillons de tourteau de cajou et d'aliments ont été évaluées selon la méthode AOAC (1990). Un poids M_e de 2 g de matière sèche de chaque échantillon a été introduit dans un creuset en porcelaine séché de poids M_0 . L'ensemble échantillon + creuset a été mis dans un four à moufle (CERADEL, Industries) à 550 °C pendant 12 heures en vue de l'incinération complète de l'échantillon se traduisant par l'obtention de cendres blanches. L'échantillon ainsi incinéré a été mis dans un dessiccateur. Le creuset contenant l'échantillon incinéré a été pesé (M_1). La teneur en cendres exprimée en pourcentage par rapport à la matière sèche a été déterminée selon l'équation suivante :

$$\text{Cendres (\%)} = \frac{(M_1 - M_0)}{M_e} \times 100 \quad (6)$$

M_0 : Poids (g) du creuset vide

M_e : Poids (g) de l'échantillon

M_1 : Poids (g) de l'ensemble (creuset + cendres) après incinération.

2.1.4.6. Détermination des teneurs en celluloses brutes

La teneur en cellulose brute a été déterminée par la méthode de Weende qui consiste à effectuer deux (2) hydrolyses successives (Hanitriniaina, 2003). La prise d'essai d'environ 1 g est soumise à deux (2) hydrolyses successives acide (acide sulfurique 0,5 N) et basique (hydroxyde de soude 0,5 N). Après ces hydrolyses, le résidu est filtré dans un creuset en verre filtré et rincé abondamment à l'eau distillée et à l'acétone. Il est ensuite séché à l'étuve pendant une nuit 105 °C puis refroidi et pesé (P_1). Après calcination au four au moins pendant 8 heures, les cendres obtenues sont à nouveau pesées. La perte de poids résultant de la calcination correspond à la teneur en cellulose brute de la prise d'essai. La formule suivante a été utilisée pour déterminer la teneur en cellulose :

$$\text{Celluloses brutes (\%)} = \frac{(P_1 - P_2) \times 100}{P_e} \quad (7)$$

P_e : Prise d'essai

P_1 : Poids du creuset + produit traité avant calcination

P_2 : Poids du creuset + cendres après passage au four.

2.1.4.7. Extraction de la matière grasse

La teneur en lipides a été déterminée par extraction à l'hexane au SOXHLET pendant 6 heures à la température de 69 à 70 °C. Une quantité (10 g) d'échantillons a été pesée à l'aide d'une balance analytique de marque ABT 3204 M (de précision 0,0001 g), puis mise dans une cartouche de Kumagawa (cartouche en cellulose). L'extraction des lipides de l'échantillon a été faite avec 300 mL de solvant (hexane). Le solvant a permis de récupérer la totalité de lipides. Après évaporation totale du solvant par le Rotavapor IKA HB 10 basic, les ballons d'extraction ont été récupérés et séchés à l'étuve à 105 °C pendant 10 minutes (IUPAC, 1979). La différence entre le poids initial et le poids final des ballons correspond au poids des lipides. La teneur en lipide est déterminée selon l'expression suivante :

$$\text{MG (\%)} = \frac{(\text{BV1} - \text{BV0})}{\text{Pe}} \times 100 \quad (8)$$

MG : Matière grasse ; BV1 : Ballon vide + matière grasse ; BV0 : Ballon vide ; Pe : prise d'essai

2.1.4.8. Détermination de l'énergie métabolisable

La valeur de l'énergie métabolisable est obtenue par calcul. Connaissant la teneur de chaque échantillon en différents nutriments (teneur en matière grasse, en cellulose et en cendres de l'échantillon) grâce aux analyses physico-chimiques, il est possible de calculer l'énergie métabolisable (EM) par la formule (INRA 1989) :

$$\text{EM (kcal / kg)} = 3951 + 54,4 \text{ MG} - 88,7 \text{ CB} - 40,8 \text{ CE} \quad (9)$$

EM : Energie métabolisable ; MG : Matière grasse ; CB : Cellulose brute ; CE : Cendres.

2.1.4.9. Dosage de quelques minéraux

Les macroéléments (K, Ca, Na, Mg) et les microéléments (Fe, Mn, Cu) minéraux ont été dosés par spectrophotométrie d'absorption atomique selon la méthode de digestion de l'AOAC (1990) utilisant les acides forts. Une quantité de 0,5 g de cendres issues de l'incinération de chacun des broyats des échantillons de tourteau de cajou et d'aliments a été dissoute dans 31 mL d'un mélange constitué d'acide perchlorique (11,80 mol / L), d'acide

nitrique (14,44 mol / L) et d'acide sulfurique (18,01 mol / L). Le mélange obtenu bien agité sous la hotte a été chauffé sur une plaque chauffante jusqu'à l'apparition de fumées blanches épaisses. Le milieu réactionnel a été ensuite refroidi sur la pailleuse pendant 10 minutes, puis dilué dans 50 mL d'eau distillée. Il a été porté de nouveau à ébullition pendant 30 secondes, puis refroidi à nouveau dans les mêmes conditions. Le mélange a été ensuite filtré sur le papier filtre Whatman n° 4 et le filtrat obtenu a été complété au trait de jauge de la fiole (50 mL) avec de l'eau distillée. La teneur de chaque élément minéral a été déterminée au spectrophotomètre d'absorption atomique à flamme de marque VARIAN AA.20 à une longueur d'onde spécifique par comparaison aux solutions étalons. Les teneurs ont été exprimées en mg / 100 g de matière sèche (MS).

En ce qui concerne le macroélément minéral phosphore (P), ses teneurs dans les broyats secs des différents échantillons ont été estimées par spectrophotométrie directe selon la méthode Taussky & Shorr (1953). Ainsi, 1 g de cendres issues de chaque broyat sec incinéré a été minéralisée dans un minéralisateur et le minéralisât obtenu a été traité par le réactif vanado-molybdique. La densité optique de la solution jaune obtenue a été lue au spectrophotomètre (PG Instruments, Angleterre) à 410 nm. La teneur en phosphore (P) a été déterminée par comparaison avec une solution étalon (0,136 g de dihydrogénophosphate de potassium dissous dans une solution diluée contenant 0,1 M d'acide nitrique et 50 mL d'eau distillée).

2.1.4.10. Analyse des acides aminés par HPLC

2.1.4.10.1. Extraction et dérivation des acides aminés totaux

L'extraction des acides aminés totaux a été réalisée selon la méthode légèrement modifiée de Chirinang & Intarapichet (2009). Les protéines contenues dans 1 g de poudre fine de chacun des échantillons de tourteau de cajou et d'aliments ont été d'abord hydrolysés avec 10 mL de HCl 6 N et ensuite séchées à 110 °C dans une étuve pendant 24 h, sous un flux d'azote gazeux. Le résidu sec est repris dans 10 mL de citrate de sodium 0,2 N à un pH de 2,3 pour éviter l'oxydation de certains acides aminés. Le mélange homogénéisé a été centrifugé à 3000 tours/min pendant 25 min à 0 °C. Le surnageant recueilli a été filtré sur du papier filtre Whatman N° 4, puis à travers un filtre millipore 0,45 µm (Sartorius AG, Goettingen, Germany). Le surnageant obtenu pour chacun des échantillons a été conservé à -20 °C pour les analyses.

Les dérivations des acides aminés de l'hydrolysate des protéines des différents échantillons et celle des acides aminés standard ont été réalisées avec du Phenylisothiocyanate (PITC) selon la procédure décrite par González-Castro *et al.* (1997) et légèrement modifiée (Sánchez-Machado *et al.*, 2003). Le réactif de dérivation était constitué de méthanol + eau

distillée + Triéthylamine (TEA) + Phénylthiocyanate (PITC) dans les proportions [7:1:1:1 (v/v)]. Toute cette procédure avait conduit à l'obtention de dérivés phénylthiocyanate (PITC) d'acides aminés qui ont été par la suite analysés à l'HPLC.

2.1.4.10.2. Séparation et identification des acides aminés

La composition en acides aminés de chaque échantillon a été déterminée en utilisant un chromatographe liquide à haute performance (HPLC), Applied Biosystems Model 172 A (Applied Biosystems Corporation, Foster City, Californie., USA) équipé d'une colonne PTC RP-18 (2,1 mm x 22 cm), d'un détecteur UV (Shimadzu SPD-6A UV Spectrophotometric detector) et d'un intégrateur (Shimadzu C-R 6A Chromatopac).

La séparation chromatographique des acides aminés a été réalisée avec la colonne maintenue à 35 °C à l'aide d'un four Meta Therm TM (Interchrom, France). L'éluant était constitué du mélange d'une solution d'acétate de sodium (45 mM, pH 5.9) et d'acétate de sodium (105 mM, Ph 4,6 ; 30 %) et d'acétonitrile (70 %). Le débit d'élution et la longueur d'onde de détection ont été fixés respectivement à 1,1 mL.min⁻¹ et 254 nm. Des chromatogrammes ont été établis par injection des dérivés phénylthiocyanate (PITC) des 17 acides aminés standards disponibles au laboratoire ; ces chromatogrammes constituant les étalons. Des chromatogrammes ont été également obtenus pour les acides aminés des différents échantillons après injection de leurs dérivés phénylthiocyanate. Les analyses ont été effectuées en triple. Les identifications des acides aminés des échantillons ont été faites par comparaison de leurs temps de rétention à ceux des standards (étalons).

2.1.4.10.3. Quantification des acides aminés

Les concentrations des acides des aminés des différents échantillons ont été déterminées en utilisant la moyenne des aires des pics de chacun des acides aminés standard. Ainsi, la concentration CE_x d'un aminé x de chacun des échantillons exprimés en g / 100 g de protéines par rapport à la matière sèche est donnée par l'équation suivante :

$$CE_x = \frac{\text{Aire Ex X CT}}{\text{Aire T}} \quad (10)$$

CE_x : Concentration de l'acide aminé x identifié dans l'échantillon

Aire T : Moyenne des aires des pics des acides aminés standard, Aire E_x : Aire du pic de l'acide aminé x identifié dans l'échantillon

CT_x : Concentration de l'acide aminé standard correspondant à l'acide x.

2.1.4.11. Détermination des teneurs en vitamines C

2.1.4.11.1. Extraction de la vitamine C

La vitamine C (acide ascorbique) des échantillons de tourteau de cajou et des aliments a été extraite selon la méthode décrite par Boonkasem *et al.* (2015). Chacun des broyats des échantillons de (10 g) a été extrait par 20 mL de solution d'acide métaphosphorique à 3 % (p / v), puis mis sous agitation magnétique pendant 30 minutes. L'extrait a été centrifugé à 4000 tours / minute pendant 20 minutes. Le surnageant a été recueilli et utilisé pour le dosage de la vitamine C.

2.1.4.11.2. Estimation des teneurs en vitamines C

Les teneurs en vitamine C des différents échantillons ont été estimées selon la méthode décrite par Pongracz *et al.* (1971), utilisant le 2,6-dichlorophénol (DCPIP). Un (1) mL du surnageant précédemment obtenu a été titré par le 2,6-dichlorophenol indophénol (0,5 g / L). L'apparition d'une coloration rose champagne persistante, pendant 15 secondes, a marqué la fin du dosage. En outre, un (1) mL d'une solution étalon d'acide ascorbique pur (1 mg / mL) a également été titré par le 2,6-dichlorophenol indophénol dans les mêmes conditions. La teneur en vitamine C de chaque échantillon a été calculée en utilisant l'équation suivante :

$$\text{Vitamine C (mg / 100 g)} = \frac{\text{CDCPIP} \times \text{Veq} \times 100}{\text{Me}} \quad (11)$$

Veq : Volume du 2,6-dichlorophenol indophénol utilisé pour titrer 1 mL du surnageant obtenu de chacun des échantillons de champignon

Me : Poids (g) du broyat de chacun des échantillons de champignon, C_{DCPIP} : Concentration DCPIP (g / L).

2.1.4.12. Extraction des vitamines B

Les vitamines B contenues dans les échantillons de tourteau de cajou et des aliments ont été dosées par HPLC. Cette analyse consiste en la mesure quantitative des vitamines par chromatographie liquide à haute performance. Les demandes d'analyses sont faites pour chaque vitamine susceptible d'être déficiente, et sont regroupées dans une chromatographie unique. Le principe de la chromatographie est de séparer ou de purifier un ou plusieurs composés d'un mélange en vue de les identifier et de les quantifier (Aguilar, 2004). Le mélange d'échantillons contenu dans un solvant (phase mobile) est introduit grâce à une pompe à grande pression dans une colonne garnie d'un gel chromatographique (phase stationnaire) qui permettra de les séparer à différentes étapes d'élution. Un chromatogramme est généré au courant de l'élution en fonction du temps. Ainsi, le temps nul (t₀) indique le début de l'injection et le temps mis

par un composé non retenu par la phase stationnaire pour traverser la colonne est le temps mort (t_m). Par ailleurs, le temps de rétention (t_r) est le temps mis par un soluté pour traverser la colonne et correspond au temps passé dans la phase stationnaire et dans le volume mort de la colonne. Ce temps caractérise un soluté dans des conditions d'analyse données (Aguilar, 2004). La surface du pic varie en fonction de la quantité du constituant dont il est la trace et la largeur du pic est caractéristique de l'efficacité de la séparation (Biotech Rouen, 2010). Les chromatogrammes sont enregistrés par un détecteur de fluorescence à ultraviolet (UV-Vis à 270 nm).

2.1.4.13. Dosage de la vitamine A

2.1.4.13.1. Séparation chromatographique des vitamines

La méthode de dosage qui a été utilisée est la Chromatographie en phase Liquide à Haute Performance (CLHP) qui permet à la fois d'identifier et de quantifier les molécules et les substances recherchées. La CLHP est une technique analytique. Elle permet l'évolution de la chromatographie préparative sur colonne et l'utilisation de phases stationnaires très élaborées. Dans cette étude, la vitamine A a été dosé selon la méthode de Billion-Rey *et al.* (1993) telle que décrite par Koko *et al.* (2018), qui a été modifiée suivant les conditions expérimentales. Dans un premier temps, la colonne a été conditionnée. Pour ce faire, 12,5 mL de méthanol CLHP ont été filtrés dans trois flacons puis passés dans le chromatographe pour le conditionnement de la colonne. Pour la séparation chromatographique de la vitamine, 4,8 mg de palmitate de rétinol, a été prélevé puis dilués dans 10 mL de méthanol. La solution méthanolique étalon (10 mL) ainsi obtenue permettra dans un premier temps d'étudier les conditions de séparations chromatographiques. Les conditions analytiques sont les suivantes :

- phase mobile : méthanol
- débit : 1 mL / minute ;
- detection à 313 (vitamine A)
- sensibilité des détecteurs: 0,005 aufs.

Dans un second temps, cette solution a servi d'étalon externe au dosage de vitamine A dans les échantillons (évaluation de la répétabilité, de la reproductibilité, et de la linéarité).

La solution diluée a été répartie en aliquots de 5 mL dans des tubes bouchés en verre, conservés à 18 °C, à l'abri de la lumière. Par la suite, la solution mère de la solution étalon méthanolique concentrée en la vitamine a été diluée au 1 / 5, au 1 / 10 et au 1 / 20. Les solutions concentrées obtenues ont été conservées dans des fioles jaugées de 100 mL. Ces fioles ont été

immédiatement bouchées et placées à -18 °C à l'abri de la lumière. Elles serviront ultérieurement aux études de reproductibilité et de linéarité (conservation maximale de 1 mois).

2.1.4.13.2. Préparation et analyse des échantillons

25 mL d'hexane sont ajoutés à 5 g de chaque échantillon préalablement réduit en poudre. Les solutions ainsi obtenues sont extraites à l'ultrason pendant 30 mn en bouchant l'extrémité de l'erenmeyer contenant le macéré avec du papier film. Après filtration, 5 mL du filtrat est recueilli puis évaporé à l'obscurité. Le résidu obtenu est dissout dans 10 mL de méthanol puis passé au sonnicateur pendant 10 minutes pour homogénéisation. La solution méthanolique est filtrée sur un filtre hydrophobe (hydrophobic PTFE FLUOROPOR^R filter) puis conservée dans des tubes à essais. Par la suite, 20 µl de chaque échantillon préparé dans les conditions précédentes sont injectés pour analyse chromatographique. La formule de la teneur en vitamine se présente :

$$\% \text{ Vit A} = \frac{5 * (\text{Vit}_{20\mu\text{L}}) * 10 * 100}{5000 \text{ mg}} \quad (12)$$

Vit A : Vitamine A ; Vit 20µL : La quantité de vitamine dans les 20 µL.

2.2. Elevage et suivi des poulettes et poules pondeuses

2.2.1. Phases d'élevage

2.2.1.1. Phase de croissance

Au départ, 500 poussins femelles et 100 mâles ISA Brown âgés d'un (1) jour ont été élevés en bande unique (Annexe 4). Ces poussins ont été soumis à un élevage classique (futures pondeuses). A partir de la 7^{ème} semaine, 216 poulettes ont été sélectionnées, pesées puis réparties en lot de 54 (Figure 16). La répartition quant à elle, s'est faite de façon aléatoire (Figure 22). Par ailleurs, les poulettes ont été élevées pendant dix (10) semaines. Cette période d'élevage correspondant à la phase de croissance, a durée de la semaine 7 à la semaine 16. Toutefois, les oiseaux au cours de cette phase ont été soumis à un aliment dit de croissance (C0, C1, C2 et C3). La distribution de ces aliments s'est faite deux fois au cours des 24 heures suivant un chronogramme décrit comme suit ; tout d'abord, la ration journalière a été pesée puis les 2 / 3 ont été servies à 15 heures GMT. Le restant (1 / 3) a été distribué le lendemain en début de matinée entre 6 et 7 heures (heure locale) (Annexe 5). Les mangeoires ont été vidées nettoyées à sec à l'aide d'un tissu propre tous les jours entre 14 - 15 heures (heure locale). Le refus des aliments a été récupéré par la suite pesé et enregistré chaque jour (Annexe 5).

2.2.1.2. Phase de pré-ponte

Pour la réalisation de cette partie d'étude, 180 poulettes ISA Brown âgées de 16 semaines ont été utilisées (Annexe 5). Ces poulettes étaient préalablement nourries avec des aliments contenant 0 % (C0), 100 % (C1), 50 % (C2) et 95 % (C3) de tourteaux de cajou. A la fin de la phase de croissance, 180 poulettes ont été sélectionnées des 216 (phase de croissance). En effet, ces poulettes ont été choisies sur la base de la densité (5 poules par m²) des poules à la ponte. Pour ce faire, celles choisies ont été les poulettes ne présentant ni de signe de maladie visible, ni de signe de faiblesse. Par ailleurs, le poids moyen des poulettes utilisées pour cette phase était compris entre 1090 et 1400 g. Toutefois, cette phase a duré 3 semaines. Durant cette phase, les poulettes ont été soumises à des aliments de pré-ponte (H0, H1, H2 et H3). Ces aliments contenaient 0 % tourteau de cajou (H0), 100 % tourteau de cajou (H1), 50 % tourteau de cajou + 50 % de tourteau de soja (H2) et 95 % tourteau de cajou + 5 % tourteau de coton (H3) comme principale source de protéines végétales. Les poulettes ont été nourries une fois par jour et en fin de journée. Cela s'est fait à 15 heures (heure locale) (Annexe 6). Toutefois, avant la nouvelle distribution des aliments, les restes ont été retirés puis pesés et enregistrés (Annexe 7). Les mangeoires, quant à elles ont été soigneusement nettoyées à l'aide d'un tissu sec et propre.

2.2.1.3. Phase de ponte

Les poulettes à la fin de la phase de pré-ponte ont été utilisées pour cette phase physiologique. Au total, 180 poulettes ISA Brown âgées de 19 semaines ont été utilisées (Figure 16). Ces poulettes étaient nourries auparavant avec des aliments contenant 0 % de tourteau de cajou (C0 et H0), 100 % de tourteaux de cajou comme principale source de protéine végétale (C1 et H1), 50 % de tourteaux de cajou + 50 % tourteau de soja (C2 et H2) et 95 % de tourteaux de cajou + 5 % de tourteau de coton (C3 et H3) pour les phases de croissance et de pré-ponte (S7 à S19). En effet, le poids moyen de ces poulettes était compris entre 1280 et 1550 g. De même, l'expérimentation s'est poursuivie sur 33 semaines. Toutefois, ces poules dans cette phase physiologique ont été soumises à des aliments de ponte (T0, T1, T2 et T3). Ces aliments contenaient 0 % de tourteau de cajou (T0), 100 % de tourteau de cajou (T1), 50 % tourteau de cajou et 50 % tourteau de soja (T2) et 95 % de tourteau de cajou et 5 % de tourteau de coton comme principale source de protéines végétales. Par ailleurs, ces aliments pontes ont été servis une fois au cours de la journée et précisément à 15 heures (heure locale) (Annexe 7). De même, avant la nouvelle distribution d'aliment, les restes ont été retirés puis les mangeoires soigneusement nettoyées à l'aide d'un tissu sec et propre.

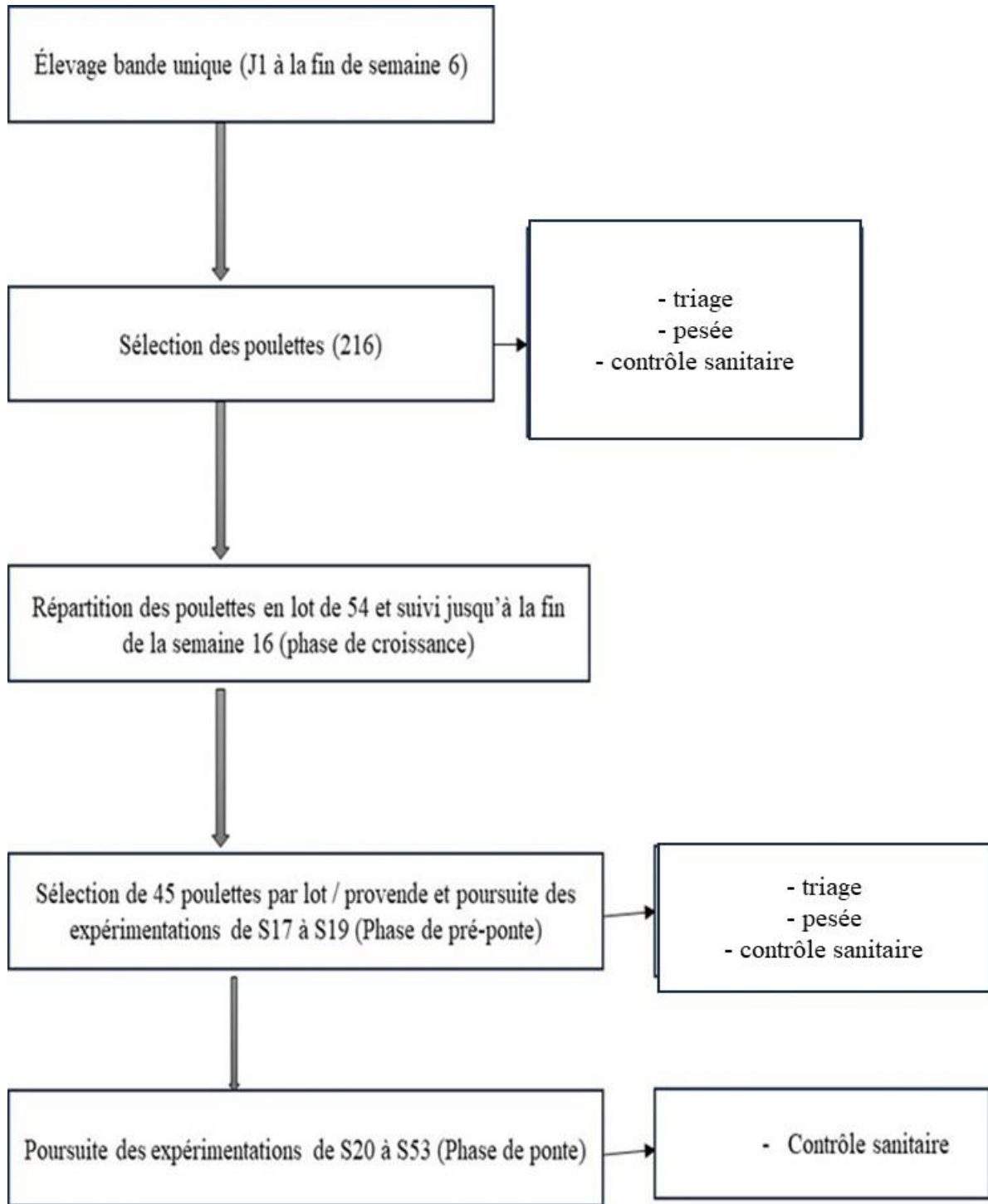


Figure 16 : Diagramme de selection des poulettes et poules

J : Jour ; S : Semaine.

2.2.2. Prophylaxie sanitaire et médicale

2.2.2.1. Prophylaxie sanitaire

Avant la réception des poulettes, le bâtiment d'élevage a fait l'objet d'un vide sanitaire. Ceci a consisté à vider le bâtiment du matériel mobile, puis à procéder à un lavage à grande eau additionnée de détergeant, suivi de désinfection par atomisation de « Viroset » sur les murets,

les filets et les bâches. Le bâtiment a été maintenu fermé avec les bâches celées pendant 4 semaines correspondant au temps de démarrage (Annexe 4).

Avant d'étendre la litière faite de copeaux de bois, une seconde désinfection a été réalisée par atomisation de « viroset » sur toute la surface du sol. Par ailleurs, le matériel d'élevage (abreuvoirs) a été nettoyé tous les jours matin et soir. De plus, la litière a été remplacée chaque trois (3) semaines ou après un traitement d'une maladie de source inconnue. Pour le site d'élevage, il a été nettoyé et désinfecté chaque mois. Quant aux mangeoires, elles ont été vidées avant de servir la ration. Des actions de lutte contre les rongeurs et les reptiles ont été menées avec pour objectif de réduire les foyers de contamination.

2.2.2.2. Prophylaxie médicale

Les oiseaux, pendant leur cycle de vie ont été soumis à la prophylaxie médicale en vigueur à Abidjan (Côte d'Ivoire) et précisément à Port-Bouët. Différents traitements ont été effectués dans le but d'assurer la bonne santé des oiseaux ou de combler les déficits en certains éléments indispensables à la bonne conduite des animaux. Ces traitements sont à titre préventifs ou curatifs. La date, le traitement et la posologie sont consignés dans le tableau 17. Chaque mois le rappel de Lasota + H120, anticoccidien (Amprol), Tyldox et vitamine ont été administrés aux poules. En outre, la vigosine a été administrée après chaque traitement anticoccidien.

2.2.3. Etude des performances zootechniques des poules pondeuses

2.2.3.1. Poids corporel

Au cours de la phase de croissance et pendant la phase de pré-ponte, les poulettes ont été pesées en début d'expérimentation et à la fin de chaque semaine. Ces pesées ont permis de déterminer le poids vif moyen. C'est le rapport de la somme des poids des individus d'un même lot par leur effectif (Souahibou, 2014). L'expression suivante a été utilisée pour le calcul :

$$\text{Poids vif moyen} = \frac{\text{Somme des poids des individus d'un même lot}}{\text{Effectif total}} \quad (13)$$

Matériel et méthodes

Tableau 17: Prophylaxie médicale appliquée pendant l'expérimentation

Jours (j)	Traitements	Posologie	Rôle
J1	Eau sucrée	10 g / L	Anti-stress
J2	Pantéryl (3 jours)	1 g / 2 L	Anti-stress
J3	HB1 + H120	1000 doses	Bronchite
J4	Gallimune 208	1000 doses	Vaccination contre Newcastle et la grippe aviaire
J7	Gumboro	1000 doses	Vaccination contre la maladie de Gomboro
	intermédiaire		
J12	Lasota	1000 doses	Bronchite
J14	IBDL	1000 doses	Vaccination contre la maladie de Gomboro
J18	Vetacox (5 jours)	1 g / 5 L	Anticoccidien
J21	IBDL	1000 doses	Vaccination contre la maladie de Gomboro
J25	Panteryll	1 g / 2 L	Anti-stress + maladie respiratoire
J26	Lasota + H120	1000 doses	Rappel du vaccin contre la maladie de Newcastle et de bronchite
J35	Vetacox (5 jours)	1 g / 5 L	Lutte contre la coccidiose
J36	Vigosine (5 jours)	1 mL / L	Dieretique
J49	Panteryll (3 jours)	1 g / L	Anti-stress + maladie respiratoire
J50	Variole	+ 1000 doses	Lutte contre la variole
	Mycoplasmosse		
J70	IBIRD	1000 doses	Immunisation contre la bronchite
J79	Amine total (5 jours)	1 g / 10 L	Anti-stress
J81	Corymine 4 K	1000 doses	Prévention contre Coryza et Salmonellose
J88	Citrate de pipérazine	1 g / L	Déparasitant
J109	Amine total (5 jours)	1 g / 10 L	Anti-stress
J110	Corymune 7 K	1000 doses	Prévention contre Newcastle, Salmonellose, bronchite
J119	Panmectine 10	1 mL / 5 L	Déparasitant interne-externe
J125	Tylodox	1 g / 2 L	Maladie respiratoire

J : Jour

2.2.3.2. Taux de mortalité

Le taux de mortalité (%) correspond au rapport du nombre total de mortalités sur l'effectif initial des sujets exposés (Souahibou, 2014). Pour chacune des phases d'élevage des poulettes, le taux de mortalité a été calculé à partir de la formule suivante :

$$\text{Mortalité (\%)} = \frac{\text{Nombre de pondeuses mortes} \times 100}{\text{Nombre de pondeuses}} \quad (14)$$

2.2.3.3. Consommation hebdomadaire d'aliment

L'aliment consommé par semaine est obtenu par calcul. C'est la différence entre la quantité d'aliment distribué et la quantité d'aliment retiré par semaine (Laride, 2012). Il s'obtient suivant la formule :

$$\text{CP / S} = \frac{\text{PD} - \text{PR}}{\text{S}} \quad (15)$$

PC / s : Consommation hebdomadaire d'aliment par semaine

PD / s : Aliment distribué par semaine

PR / s : Aliment retiré par semaine

2.2.3.4. Indice de consommation (IC) en phase croissance et pré-ponte

En phase de croissance, et de pré-ponte, l'indice de consommation a été déterminé. C'est le rapport entre le poids de l'aliment consommé et le gain de poids des poulettes (Laride, 2012). L'expression utilisée pour le calcul est le suivant :

$$\text{IC} = \frac{\text{Quantité d'aliment consommée pendant une période}}{\text{Gain de poids durant cette période}} \quad (16)$$

IC : Indice de consommation

2.2.3.5. Indice de consommation (IC) à la ponte

L'indice de consommation à la ponte est le rapport entre la quantité d'aliment consommé par semaine (S) et le poids total des œufs. L'expression utilisée pour le calcul est le suivant :

$$IC = \frac{\text{Quantité d'aliment consommé / S}}{\text{Poids total des œufs}} \quad (17)$$

IC : Indice de consommation, S : Semaine.

2.2.3.6. Gain moyen quotidien

Le gain moyen quotidien (GMQ) est calculé à partir des poids vifs (PV) des pesées effectuées pendant la période de croissance (Silué *et al.*, 2020). La formulation suivante a été utilisée pour la détermination :

$$GMQ = \frac{(PV_j - P_{vi})}{N} \quad (18)$$

GMQ : Gain moyen quotidien, PV_j : Poids vif à la fin de l'essai, P_{vi} : Poids vif en début de l'essai ; N : Intervalle de jour i et j.

2.2.3.7. Taux de ponte

Le taux de ponte (TP) appelé aussi intensité de ponte (IP) ou pourcentage de ponte exprime le nombre d'œufs pondus par un troupeau de poules pendant un nombre de jours donnés de ponte. Il s'agit en fait du nombre d'œufs pondus par jour et par un effectif de 100 poules. Le taux de ponte peut être aussi indiqué comme étant la quantité d'œufs produits par un lot d'individus pendant une période déterminée (Laride, 2012). Il s'exprime en % et est donné par la formule suivante :

$$\text{Taux de ponte (\%)} = \frac{\text{Nombre d'œufs pondus X 100}}{\text{Nombre de poules}} \quad (19)$$

2.3. Etude des caractéristiques de qualité des œufs pondus

L'étude de la qualité des œufs a porté sur les caractéristiques physiques ont été évaluées (poids moyen des œufs, des coquilles, du jaune, du blanc, la coloration et la composition globale de l'œuf) (Shakeel, 2010).

2.3.1. Poids moyen des œufs

Les œufs ont été ramassés et collectés par lot suivant la source de protéine végétale. Ils ont été pesés en fin de journée à partir de 16 h à l'aide d'une balance électronique de capacité 5 kg et de précision 1 g. Le poids moyen (PM) des œufs est la valeur donnée par le poids total (Pt) des œufs pondus par rapport au nombre d'œufs total évalués (N). Il s'exprime en gramme (g) et est donné par la formule suivante :

$$\text{PM} = \frac{\text{Pt}}{\text{N}} \quad (20)$$

PM : Poids moyen des œufs

Pt : Poids total d'œufs pesés, N : Nombre d'œufs pesés

2.3.2. Indice de forme des œufs

La longueur et la largeur de l'œuf sont mesurées à l'aide d'un pied à coulisse électronique. Il s'est agi de déterminer l'indice de forme de l'œuf, défini par Parmar *et al.* (2006) et Monira *et al.* (2003) comme étant le rapport de la largeur sur la longueur de l'œuf multiplié par 100. La formule utilisée pour le calcul de l'indice de forme des œufs est la suivante :

$$\text{IF} = \frac{\text{GD} \times 100}{\text{L}} \quad (21)$$

IF : Indice de forme ; GD : Grand diamètre ; L : Longueur.

2.3.3. Taux d'œufs déclassés

Les œufs déclassés sont des œufs présentant des anomalies ne permettant pas leurs commercialisations (coquille mole, rugueuse, fêlée et tachée de sang) (Annexe 9). Le taux a été déterminé en faisant le rapport entre le nombre d'œufs déclassés et le nombre de pondueuses selon la formule :

$$\text{Taux d'œufs déclassés} = \frac{\text{Nombre d'œuf déclassé}}{\text{Nombre de pondueuses}} \times 100 \quad (22)$$

2.4. Contrôle qualité des œufs conservés

Trente (30) œufs de chaque lot sont ramassés, triés, pesés et disposés dans des alvéoles. Ces œufs ont été conservés dans un magasin, exposés à température ambiante pendant dix (10) semaines. Ils ont été placés dans les mêmes conditions de conservation. Ils ont subi un certain nombre de contrôles chaque semaine. L'objectif était de faire ressortir les œufs qui pouvaient être conservés sans toutefois dégrader leurs caractéristiques physiques. Des paramètres ont été mesurés à ce propos.

2.4.1 Perte de poids des œufs

La perte de poids de l'œuf est la différence de poids entre deux (2) périodes données. Elle a été calculée suivant cette formule :

$$\text{Perte de poids} = P_i - P_j \quad (23)$$

P_i : Poids jour un (1) de la conservation de l'œuf

P_f : Poids fin de la conservation.

2.4.2. Epreuve de densité dans l'eau salée à 10 %

L'œuf à tester a été plongé délicatement dans l'eau (salée à 10 %) contenue dans un bocal transparent (Annexe 8). Les différentes positions sont observées. Ainsi, certains trois (3) positions des œufs ont été observées et notées. Il s'agit des positions :

- œufs en profondeur ;
- œufs entre deux eaux ;
- œufs flottant en surface de l'eau.

2.4.3. Cassage des œufs

Chaque semaine, trois (3) œufs de chaque lot sont cassés. Les composants sont déposés dans une assiette plane et propre (Annexe 8). Les paramètres mesurés sont l'épaisseur de la coquille, la coloration du vitellus, la viscosité du blanc, la hauteur de l'albumen et les proportions des constituants.

2.4.3.1. Epaisseur des coquilles

L'épaisseur de la coquille de l'œuf est mesurée avec un pied à coulisse micrométrique gradué (AMES 25), associé à une loupe (Diomandé *et al.*, 2008).

2.4.3.2. Coloration du vitellus

Le jaune est étalé dans une assiette propre et horizontale. A l'aide de l'Eventail colorimétrique de référence « Echelle de Roche » ou « Yolk Color Fan » présentant un éventail de 15 branches de colorations différentes (15 nuances entre le jaune et l'orangé numérotées de 1 à 15), la couleur du jaune d'œuf est comparée. Elle est classée selon les différentes valeurs chromatiques (Annexe 8) (Misslin, 2017).

2.4.3.3. Viscosité du blanc

Le test a consisté à casser sur une surface plane et propre l'œuf et a observé l'état du blanc d'œuf autour du jaune. Avec l'œuf frais, le blanc de l'œuf se ramasse autour du jaune d'œuf qui est globulaire. Par contre, avec l'œuf non frais, le blanc s'étale aussitôt après que l'œuf ait été cassé (Annexe 8).

2.4.3.4. Hauteur de l'albumen et calcul d'Unité Haugh

La hauteur de l'albumen a été déterminée à l'aide d'une règle graduée placée à un centimètre du contour du jaune (Dahloum, 2017). L'unité Haugh est considérée comme une marque de fraîcheur de l'œuf.

Les Unités Haugh (HU) ont été déterminées à partir de la hauteur d'albumen (H) et du poids de l'œuf entier (W) suivant la formule décrite par Haugh (1937) :

$$HU = 100 \text{ Log } (H - 1,7 W^{0,7} + 7,6) \quad (24)$$

H : Hauteur de l'albumen ; W : Poids de l'œuf ; HU : Unités Haugh

2.4.3.5. Poids et proportion des différents composants des œufs

Conjointement à la mesure des unités d'Haugh, le poids de la coquille (avec les membranes coquillières) a été déterminé. Puis, le jaune a été séparé du blanc sur une surface en verre avant d'être pesé. Le poids du blanc est obtenu par soustraction des poids du jaune et de la coquille du poids de l'œuf entier (Moula, 2018).

Les portions de ces parties sont calculées suivant les formules :

$$\text{Portion de la coquille (\%)} = \frac{\text{Poids coquille X 100}}{\text{Poids œuf entier}} \quad (25)$$

$$\text{Portion du blanc (\%)} = \frac{\text{Poids de l'albumen X 100}}{\text{Poids œuf entier}} \quad (26)$$

$$\text{Portion du blanc (\%)} = \frac{\text{Poids du vitellus X 100}}{\text{Poids œuf entier}} \quad (27)$$

2.4.3.6. Volume des parties comestibles

Le volume des parties comestibles a été déterminé à l'aide d'une éprouvette graduée (50 mL). Sur une surface propre, l'œuf a été cassé puis transvaser dans une éprouvette graduée. Le volume est lu directement et noté. Concernant le volume du blanc d'œuf, sur une surface propre et plane, les différentes composantes (blanc et jaune) de l'œuf cassé ont été séparées. Le blanc a été transvasé dans une éprouvette graduée (50 mL). Le volume a été directement lu. Quant au volume du jaune, il a été calculé suivant la formule :

$$V_{\text{jaune}} = V_{\text{comestibles}} - V_{\text{blanc}} \quad (28)$$

V : Volume.

2.5. Evaluation économique

L'évaluation économique a consisté à l'établissement des coûts de production, du produit de l'exploitation, de la marge bénéficiaire brute et de la rentabilité financière pour chaque régime alimentaire (Perrin *et al.*, 1979).

2.5.1. Coût de production

L'évaluation économique a consisté à l'établissement des coûts de production, du produit de l'exploitation, de la marge bénéficiaire brute et de la rentabilité financière pour chaque régime alimentaire (Perrin *et al.*, 1979).

2.5.1.1. Alimentation

Le coût de production des aliments a été calculé à partir du coût du kilogramme d'aliment. Il est obtenu en multipliant le prix du kg d'aliment par l'ingéré selon la formule :

$$\text{CPP} = \text{IP} \times \text{Prix du kg d'aliment} \quad (29)$$

CPP : Coût de production des aliments ; IP : Ingéré d'aliment

2.5.1.2. Soins des animaux

Les produits vétérinaires utilisés pour le maintien en bonne santé ou l'amélioration des performances zootechniques ont été évalués pour chaque régime alimentaire.

2.5.1.3. Autres dépenses

Toutes les dépenses liées à la production d'œufs ont été prises en compte. Ainsi, les factures d'électricité, le transport, la nourriture ont été calculées par régime.

Par ailleurs, le total investi a été déterminé en faisant la somme des dépenses effectuées :

$$\text{TI} = \sum_{i=1} \text{Dépenses} \quad (30)$$

TI : Total investi

2.5.2. Revenu brut

2.5.2.1. Nombre d'œuf

Les œufs ont été ramassés et vendus par lot. Ainsi, la formule suivante a été utilisée pour le calcul de la vente des œufs.

$$\text{Vente des œufs} = \text{Nombre de plateau} \times \text{Prix du plateau} \quad (31)$$

2.5.2.2. Reforme des poules

Les poules ont été vendues à la fin des expérimentations. Ainsi, la formule a été utilisée pour la vente des poules.

$$\text{Vente des poules reformées} = \text{Nombre de poules} \times \text{Prix d'une poule}$$

(32)

2.5.2.3. Autres entrées (fientes)

Les fientes ont été assemblées par lot et vendues.

2.5.3. Bénéfice

La marge bénéficiaire brute pour chaque lot de poules suivant l'aliment a été calculée par la formule :

$$\text{MBB} = \text{VPE} - \text{TI}$$

(33)

Avec ; MBB : marge bénéficiaire brute ; VPE : Vente des produits d'élevage ; TI : Total investi.

La marge nette (MBN) correspond à la valeur de la production moins l'ensemble des coûts de production :

$$\text{MBN} = \text{Production} - \text{Coût de production}$$

(34)

En outre, la rentabilité de la production a été déterminée. La rentabilité d'une production (RP) est le rapport d'un résultat d'exploitation sur l'actif économique. L'expression utilisée pour le calcul est la suite :

$$\text{RP} = \frac{\text{Résultat d'exploitation net}}{\text{Actif économique}} \quad (35)$$

Enfin, la part de l'aliment dans le total investi a été calculée. La formule utilisée est la suivante :

$$\text{Aliment (\%)} = \frac{\text{Coût de production de l'aliment} \times 100}{\text{Total investi}} \quad (36)$$

2.6. Analyses statistiques

Les résultats obtenus au cours de cette étude ont été analysés grâce au logiciel SAS version 9.4. Les valeurs moyennes par lot issues des paramètres d'études ont été soumises à une analyse de variance (ANOVA), suivie d'une comparaison de moyenne selon le test de Newman-Keuls au seuil de signification de 5 %. Les calculs numériques et la construction des graphiques ont été effectués avec le logiciel Excel.

Troisième partie : Résultats et discussion

Chapitre 1 : Production et caractérisation physicochimique du tourteau de cajou (*Anacardium occidentale* L) et des aliments distribués au cours de cette étude

Introduction

Dans cette session, le rendement de la production du tourteau de cajou est présenté. Les résultats d'analyse chimique du tourteau de cajou sont donnés. Ce qui a valu son incorporation dans les aliments destinés aux poudeuses. La composition chimique des aliments ont été également données.

1. Résultats

1.1. Production et rendement de production du tourteau de cajou

1.1.1. Triage des amandes de cajou

Le Tableau 18 présente les proportions d'impuretés contenues dans les amandes de cajou utilisées pour la production du tourteau de cajou. Dans 100 kg d'amande de cajou prélevée, la quantité de pellicules a été de 2,17 % et les autres impuretés (déchets industriels non valorisable) 5,61 %. Le rendement de triage a été de 92,22 %. Une quantité de $300 \pm 0,75$ kg d'amandes brutes de cajou a été pesée et triée. La quantité de pellicules a été de $6,51 \pm 0,31$ kg et les autres impuretés quant à elles ont été de $16,83 \pm 1,07$ kg. La quantité d'amandes triées a été de $276,66 \pm 3,23$ kg.

Tableau 18: Proportion d'impureté contenue dans les amandes de cajou et rendement de production

	Amandes brutes	Pellicules	Autres impuretés	Amandes triées
Quantité (kg)	100	2,17	5,61	92,22
	$300 \pm 0,75$	$6,51 \pm 0,31$	$16,83 \pm 1,07$	$276,66 \pm 3,23$
Rendement (%)	-	2,17	5,61	92,22

1.1.2. Rendement de production du tourteau de cajou

Le rendement de production du tourteau de cajou est consigné dans le tableau 19. Dans une quantité (100 kg) d'amandes triées de cajou, 22,25 kg d'huile + eau ont été extraits. Le tourteau de cajou obtenu a été de 77,75 kg. Quant au rendement de production, il a été de 22,25 et 77,75 % pour l'huile + eau et le tourteau de cajou respectivement. Au total, trois (3) essais ($300 \pm 0,75$ kg) réalisés ont permis d'enregistrer $66,75 \pm 5,49$ et $233,25 \pm 15,33$ kg respectivement pour l'huile + eau et le tourteau de cajou.

Tableau 19 : Rendement de production du tourteau de cajou

	Amandes triées	Huile + eau	Tourteau
Quantité (kg)	100	22,25	77,75
	300 ± 0,75	66,75 ± 5,49	233,25 ± 15,33
Rendement (%)	-	22,25	77,75

1.2. Composition chimique du tourteau de cajou et des aliments expérimentaux

1.2.1. Composition chimique du tourteau de cajou produit

1.2.1.1. Teneur en nutriments du tourteau de cajou produit

Le tourteau de cajou produit a une teneur en matière sèche de $89,12 \pm 0,82$ % de tourteaux, une matière grasse de $8,57 \pm 0,76$ %, une teneur en protéines brutes de $20,34 \pm 0,31$ %, une teneur en cellulose brute de $5,28 \pm 0,14$ % et une teneur en cendres brutes de $4,78 \pm 0,85$ %. Quant à l'énergie métabolisable calculée, elle a été de $3762,38 \pm 40,29$ kcal / kg de tourteau cajou (Tableau 20).

Tableau 20: Teneur en nutriments

Nutriments	Nombre de prise d'essai	Teneur (%)
Matière sèche	n	$89,12 \pm 0,82$
Matière grasse	n	$8,57 \pm 0,76$
Protéines brutes	n	$20,34 \pm 0,31$
Cellulose brute	n	$5,28 \pm 0,14$
Cendres brutes	n	$4,78 \pm 0,85$
Energie métabolisable (kcal / kg)	n	$3762,38 \pm 40,29$

Essais : n=3 ; les moyennes ± écart type

1.2.1.2. Composition en éléments minéraux du tourteau de cajou produit

La composition en macro-minéraux (Calcium, Phosphore, Magnésium, Sodium, et Potassium) et microéléments minéraux (Cuivre, Manganèse, Zinc et Fer) du tourteau de cajou produit à la ferme est renseignée dans le tableau 21. Les teneurs en calcium, phosphore, en magnésium, en sodium et potassium ont été de $0,04 \pm 0,01$; $0,14 \pm 0,01$; $0,14 \pm 0,01$; $9,02 \pm 0,14$ et $0,04 \pm 0,01$ mg / 100 g de MS respectivement. Les teneurs en cuivre, manganèse, en fer et en zinc a été $0,07 \pm 0,01$; $0,33 \pm 0,03$; $0,01 \pm 0,00$ et de $0,61 \pm 0,03$ mg / 100 g de MS.

1.2.1.3. Composition en acides aminés du tourteau de cajou produit

Le profil des acides aminés du tourteau de cajou produit à la ferme est consigné dans le tableau 22. Les protéines du tourteau de cajou renferment la méthionine ($0,30 \pm 0,01$ g / 100 g de protéines), la lysine ($6,10 \pm 0,06$ g / 100 g de protéines), le tryptophane ($1,68 \pm 0,01$ g / 100

Résultats et discussion

g de protéines), la leucine ($2,06 \pm 0,01$ g / 100 g de protéines), la valine ($1,45 \pm 0,02$ g / 100 g de protéines), l'arginine ($1,26 \pm 0,06$ g / 100 g de protéines), la tyrosine ($1,51 \pm 0,01$ g / 100 g de protéines) et l'alanine ($0,92 \pm 0,01$ g / 100 g de protéines).

Tableau 21: Compositions minérales du tourteau de cajou produit

	Paramètres	Teneur (mg/100 g)
Macromolécules	Calcium	$0,04 \pm 0,01$
	Phosphore	$0,14 \pm 0,01$
	Magnésium	$0,14 \pm 0,01$
	Sodium	$9,02 \pm 0,14$
	Potassium	$0,04 \pm 0,01$
Micromolécules	Cuivre	$0,07 \pm 0,01$
	Manganèse	$0,33 \pm 0,03$
	Fer	$0,01 \pm 0,00$
	Zinc	$0,61 \pm 0,03$

les moyennes \pm écart type, MS : matière sèche

Tableau 22: Composition en acides aminés du tourteau de cajou produit

Paramètres	Teneurs (g/100 de protéines)
Méthionine	$0,30 \pm 0,01$
Lysine	$6,10 \pm 0,06$
Tryptophane	$1,68 \pm 0,01$
Leucine	$2,06 \pm 0,01$
Valine	$1,45 \pm 0,02$
Arginine	$1,26 \pm 0,06$
Tyrosine	$1,51 \pm 0,01$
Alanine	$0,92 \pm 0,01$

Moyennes \pm écart type.

1.2.1.4. Composition en vitamines du tourteau de cajou produit

La teneur en vitamine B1 est la plus élevée avec une valeur de $4,88 \pm 0,07$ mg / 100 g de tourteau de cajou. Celle de la vitamine B2 est de $1,63 \pm 0,03$ mg / 100 g de tourteaux et pendant que la vitamine C est présente à hauteur de $0,09 \pm 0,01$ mg / 100 g de tourteaux (Tableau 23).

Tableau 23: Composition en vitamines du tourteau de cajou produit

Paramètres	Teneur (mg/100 g)
Vitamine B1	4,88 ± 0,07
Vitamine B2	1,63 ± 0,03
Vitamine C	0,09 ± 0,01

moyennes ± écart type.

1.2.2. Composition chimique des aliments de croissance

1.2.2.1. Teneur en nutriments des aliments de croissance

La matière sèche des aliments C3, C1, C2 et C0, a été respectivement de $89,40 \pm 0,30$ % ; $89,07 \pm 0,07$ % ; $88,61 \pm 0,14$ % et $88,20 \pm 0,31$ %. Les proportions de matière sèche dans les différents aliments présentent une différence significative ($P < 0,05$) entre eux. Mais entre C3 et C1, il n'y a aucune différence significative ($P \geq 0,05$). Il n'y a également aucune différence significative entre les aliments C2 et C0. Les taux de matière sèche les plus élevées ont été enregistrés avec les aliments C3 et C1 (Tableau 24).

Les teneurs en protéine des aliments C2, C0, C3 et C1 ont été respectivement de $20,04 \pm 0,07$ %, $19,57 \pm 0,53$ %, $19,39 \pm 0,17$ % et de $18,69 \pm 0,30$ %. Le taux de protéine de l'aliment C1 est significativement faible ($p < 0,05$) par rapport aux taux observés dans les aliments C2, C0 et C3 (Tableau 24).

Le taux élevé de cendre a été enregistré avec l'aliment C3 de $5,99 \pm 0,01$ %. Ce taux est significativement ($P < 0,05$) supérieur à ceux des aliments C1, C2 et C0 qui sont respectivement de $5,22 \pm 0,12$; $5,20 \pm 0,14$ et $5,09 \pm 0,11$ % (Tableau 24).

La valeur élevée de matière grasse a été obtenue avec l'aliment T3 ($11,64 \pm 0,49$ %) comparativement aux aliments C2 ($8,12 \pm 0,04$ %), C0 ($7,68 \pm 0,47$ %) et C1 ($6,30 \pm 0,19$ %). Toutefois, l'aliment C1 a montré le faible taux de matière grasse. La teneur en cellulose de l'aliment C2 ($5,39 \pm 0,11$ %) a été supérieure à ceux des aliments C0 ($4,94 \pm 0,07$ %), C3 ($4,78 \pm 0,09$ %) et C1 ($4,55 \pm 0,15$ %). L'aliment C1 a donné la plus faible valeur au seuil de 5 % (Tableau 24). Concernant l'énergie métabolisable, celle de l'aliment C3 ($3915,90 \pm 34,30$ kcal / kg de MS) est plus élevée que celles dans les aliments C0 ($3722,29 \pm 23,61$ kcal / kg de MS), C2 ($3702,74 \pm 13,02$ kcal / kg de MS) et C1 ($3677,22 \pm 2,40$ kcal / kg de MS). Au seuil de signification de 5 %. Les énergies métabolisables des aliments C0, C1, et C2 sont statistiquement identiques ($p > 0,05$).

Résultats et discussion

Tableau 24: Teneur en nutriments des aliments distribuées au cours de la phase croissance

Nutriments	Aliments			
	C0	C1	C2	C3
Matière sèche (%)	88,20 ± 0,31 ^b	89,07 ± 0,07 ^a	88,61 ± 0,14 ^b	89,40 ± 0,30 ^a
Protéines (%)	19,57 ± 0,53 ^a	18,69 ± 0,30 ^b	20,04 ± 0,07 ^a	19,39 ± 0,17 ^a
Cendres (%)	5,09 ± 0,11 ^b	5,22 ± 0,12 ^b	5,20 ± 0,14 ^b	5,99 ± 0,01 ^a
Matière grasse (%)	7,68 ± 0,47 ^b	6,30 ± 0,19 ^c	8,12 ± 0,04 ^b	11,64 ± 0,49 ^a
Cellulose (%)	4,94 ± 0,07 ^b	4,55 ± 0,15 ^c	5,39 ± 0,11 ^a	4,78 ± 0,09 ^b
Energie métabolisable (kcal / kg de MS)	3722,29 ± 23,61 ^b	3677,22 ± 2,40 ^b	3702,74 ± 13,02 ^b	3915,90 ± 34,30 ^a

Les valeurs affectées de différentes lettres sur la même ligne sont significativement différentes ($P < 0,05$) : C0 : 0 % de tourteau de cajou ; C1 : 100 % Tourteaux de cajou ; C2 : 50 % Tourteaux de cajou ; C3 : 95 % Tourteaux de cajou ; EM : Energie métabolisable ; MS : Matière sèche.

1.2.2.2. Composition en éléments minéraux des aliments de croissance

1.2.2.2.1. Macro-éléments des aliments de croissance

Le tableau 25 présente les teneurs en macro-minéraux (Ca, P, Mg, Na et K) des aliments expérimentaux (C0, C1, C2 et C3) distribués. Les teneurs de ces aliments en macro-minéraux sont variables. Ainsi, la teneur en Ca de l'aliment C3 ($0,6 \pm 0,01$ mg / 100 g de MS) est la plus élevée au seuil de 5 %. Les aliments C0, C1 et C2 sont statistiquement identiques au seuil de 5 %. Par ailleurs, l'aliment C1 a eu les fortes teneurs en P ($1,45 \pm 0,03$ mg / 100 g de MS), Mg ($1,04 \pm 0,01$ mg / 100 g de MS), Na ($1,05 \pm 0,07$ mg / 100 g de MS) et K ($1,05 \pm 0,03$ mg / 100 g de MS). Dans l'aliment C2, le phosphore et le potassium sont à l'état de trace.

Tableau 25 : Composition en macro-éléments des aliments de croissance

Macro-éléments	Aliments			
	C0	C1	C2	C3
Effectif	n	n	n	n
Ca (mg / 100 g de MS)	$0,15 \pm 0,01$	$0,1 \pm 0,01$	$0,16 \pm 0,03$	$0,6 \pm 0,01$
P (mg / 100 g de MS)	$0,05 \pm 0,00$	$1,45 \pm 0,03$	$0,01 \pm 0,00$	$0,66 \pm 0,01$
Mg (mg / 100 g de MS)	$0,26 \pm 0,03$	$1,04 \pm 0,05$	$0,08 \pm 0,00$	$0,5 \pm 0,01$
Na (mg / 100 g de MS)	$0,7 \pm 0,02$	$1,01 \pm 0,07$	$0,07 \pm 0,03$	$0,3 \pm 0,01$
K (mg / 100 g de MS)	$0,03 \pm 0,01$	$1,05 \pm 0,03$	$0,03 \pm 0,01$	$0,22 \pm 0,01$

n : prise d'essai ; C0 : Aliment avec 0 % tourteau de cajou ; C1 : Aliment avec 100 % tourteaux de cajou ; C2 : Aliment avec 50 % tourteaux de cajou ; C3 : Aliment avec 95 % tourteaux de cajou ; Ca : Calcium ; P : Phosphore ; Mg : Magnésium ; Na : Sodium ; K : Potassium.

1.2.2.2.2. Oligo-éléments des aliments de croissance

Les oligo-éléments minéraux dosés dans les aliments expérimentaux (C0, C1, C2 et C3) sont résumés dans le tableau 26. Dans l'ensemble, l'aliment C1 affiche les teneurs les plus élevées en Cu ($1,01 \pm 0,01$ mg / 100 g de MS), Mn ($1,03 \pm 0,01$ g / 100 g de MS), Fe ($1,09 \pm 0,03$ mg / 100 g de MS) et Zn ($1,01 \pm 0,02$ mg / 100 g de MS) au seuil de 5 %. Les plus faibles valeurs sont dosées dans l'aliment C2 au seuil de 5 %. Dans l'aliment C3, le zinc est en état de trace.

Résultats et discussion

Tableau 26 : Teneurs en microéléments minéraux des aliments à la croissance

Micro-éléments	Aliments			
	C0	C1	C2	C3
Effectif	n	n	n	n
Cu (mg / 100 g de MS)	0,6 ± 0,01	1,01 ± 0,01	0,02 ± 0,00	0,15 ± 0,01
Mn (mg / 100 g de MS)	0,72 ± 0,01	1,03 ± 0,01	0,04 ± 0,00	0,4 ± 0,01
Fe (mg / 100 g de MS)	0,66 ± 0,01	1,09 ± 0,03	0,04 ± 0,00	0,14 ± 0,03
Zn (mg / 100 g de MS)	0,62 ± 0,01	1,01 ± 0,02	0,01 ± 0,00	Trace

n : nombre de prise d'essai ; C0 : Aliment avec 0 % tourteau de cajou ; C1 : Aliment avec 100 % tourteaux de cajou ; C2 : Aliment avec 50 % tourteaux de cajou ; C3 : Aliment avec 95 % tourteaux de cajou ; Cu : Cuivre ; Mn : Manganèse ; Fe : Fer ; Zn : Zinc

1.2.2.3. Composition en vitamines des aliments de croissance

Les résultats du dosage des vitamines dans les aliments de croissance sont présentés sur la Figure 17. L'aliment est constitué de deux groupes de vitamines. Les Vitamines hydrosolubles constituées des vitamines B1, B2, B9 et C et les vitamines liposolubles, la vitamine A. Les teneurs en vitamines ont varié d'un aliment à l'autre. D'autres vitamines n'ont pas été détectées dans certains aliments. Les vitamines B2 et C sont présentes dans tous les aliments de la phase de croissance. Cependant, les vitamines B9 et A ne sont pas présentes dans tous les aliments à toutes les phases physiologiques. Quant à la vitamine B1, elle a été détectée dans tous les aliments de croissance et à des teneurs les plus élevées.

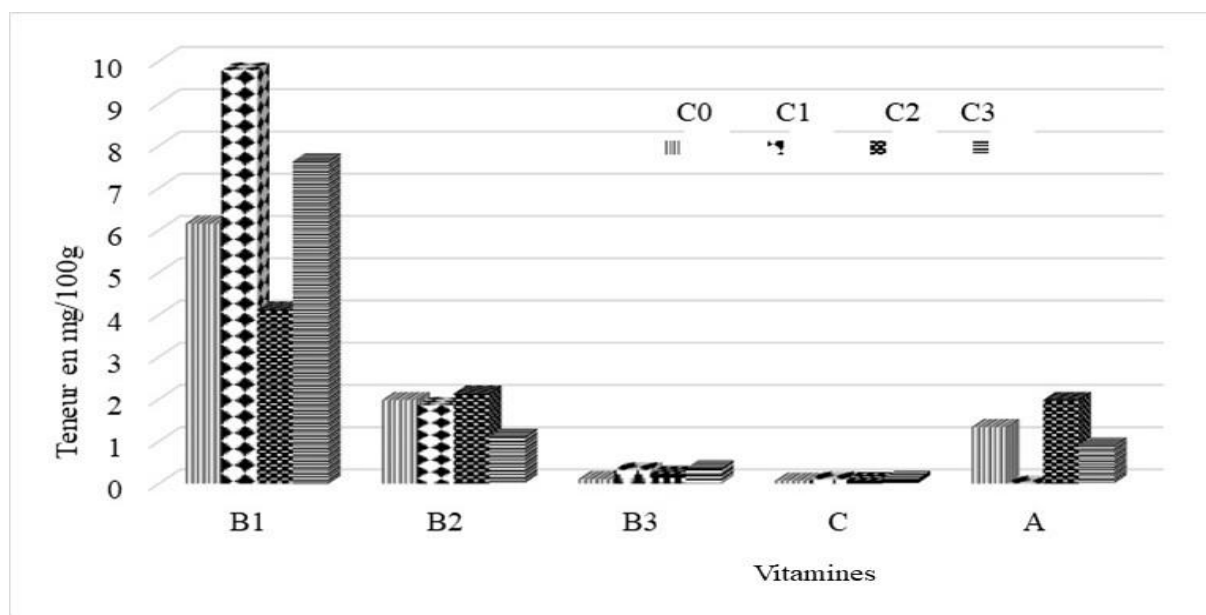


Figure 17 : Composition en vitamine des aliments de croissances

C0 : Aliment avec 0 % tourteau de cajou ; C1 : Aliment avec 100 % tourteaux de cajou ; C2 : Aliment avec 50 % tourteaux de cajou ; C3 : Aliment avec 95 % tourteaux de cajou.

1.2.2.4. Composition en acides aminés des aliments de croissance

Huit (8) acides aminés ont été détectés dans l'aliment C0 distribué au cours de la phase de croissance. Le pic 1 correspondant à la lysine, a été évalué à 15,24 %. Le pic 2 qui correspond à l'alanine, a été estimé à 0,73 %. Le pic 3 est celui du tryptophane évalué à 0,24 %. Le pic 4 a été celui de la méthionine (0,06 %). Le pic 5 est celui de la proline (18,78 %) et enfin les pics 6, 7 et 8 ont été ceux de la valine (3,84 %), l'arginine (6,05 %) et de la Tyrosine (0,59 %) respectivement (Figure 18). La lysine et la proline sont les acides aminés les plus abondants des protéines de cet aliment C0.

Dans l'aliment C1 distribué au lot de poulettes en phase croissance, sept (7) acides aminés ont été détectés à 260 nm. Les pics 1, 2, 3, 4, 5, 6 et 7 sont ceux de la proline (2,39 %), la méthionine (0,02 %), la lysine (4,81 %), la tyrosine (0,50 %), la glycine (2,63 %), du tryptophane (3,94 %) et de l'alanine (0,46 %) (Figure 19).

Les pics d'acides aminés détectés à 260 nm dans l'aliment C2 distribué pendant la phase de croissance sont présentés par la Figure 20. Neuf (9) pics d'acides aminés ont été détectés. Les pics 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 et 9 ont été ceux de la lysine (4,46 %), l'alanine (0,40 %), la glycine (0,36 %), du tryptophane (1,46 %), la méthionine (0,01 %), de la proline (3,95 %), la valine (2,21 %), de l'arginine (3,55 %) et de la tyrosine (1,94 %) respectivement.

Huit (8) pics d'acides aminés ont été détectés. Les pics 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 et 8 ont été ceux de la lysine (19,09 %) l'alanine (4,63 %), du tryptophane (3,87 %), la méthionine (0,01 %), de la proline (2,16 %), de la valine (1,16 %), de l'arginine (0,26 %) et de la tyrosine (0,16 %) respectivement (Figure 21). La lysine est l'acide aminé le plus abondant détecté dans les protéines de l'aliment C3.

Le tableau 24 présente le récapitulatif des acides aminés dosés dans les aliments distribués en phase de croissance. La glycine n'a pas été détectée dans les aliments C0 et C3. Quant à la valine et l'arginine, elles n'ont pas été dosées dans la C1. Toutefois, l'aliment C2 a présenté le plus d'acides aminés que les autres aliments C0, C1 et C3.

Résultats et discussion

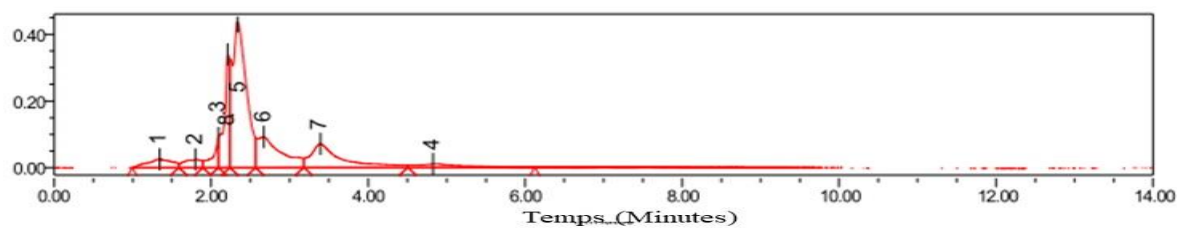


Figure 18 : Profil chromatographique par HPLC des acides aminés dans l'extrait de l'aliment C0

Pics détectés à 260 nm : 1 (Lysine 15,24 %), 2 (Alanine 0,73 %), 3 (Tryptophane 0,24 %), 4 (Méthionine 0,06 %), 5 (Proline 18,78 %), 6 (Valine 3,84 %), 7 (Arginine 6,05 %) et 8 (Tyrosine 0,59 %)

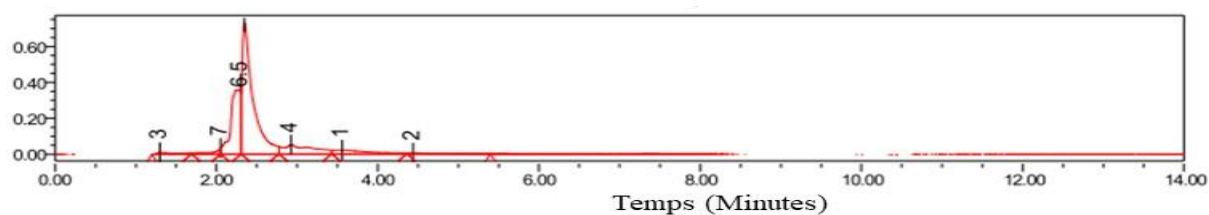


Figure 19 : Profil chromatographique par HPLC des acides aminés dans l'extrait de l'aliment C1

Pics détectés à 260 nm : 1 (Proline 2,39 %), 2 (Méthionine 0,02 %), 3 (Lysine 4,81 %), 4 (Tyrosine 0,50 %), 5 (Glycine 2,63 %), 6 (Tryptophane 3,94 %) et 7 (Alanine 0,46 %).

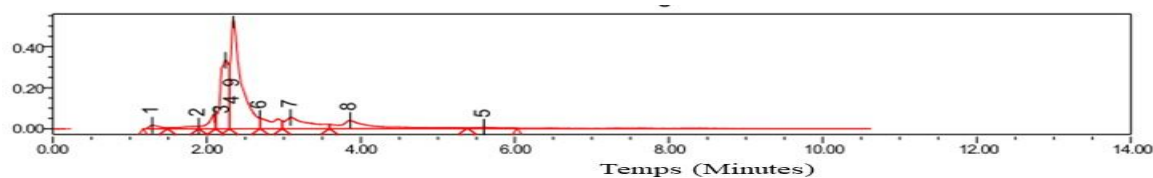


Figure 20 : Profil chromatographique par HPLC des acides aminés dans l'extrait de l'aliment C2

Pics détectés à 260 nm : 1 (Lysine 4,46 %), 2 (Alanine 0,40 %), 3 (Glycine 0,36 %), 4 (Tryptophane 1,46 %), 5 (Méthionine 0,01 %), 6 (Proline 3,95 %), 7 (Valine 2,21 %), 8 Arginine 3,55 %) et 9 (Tyrosine 1,94 %).

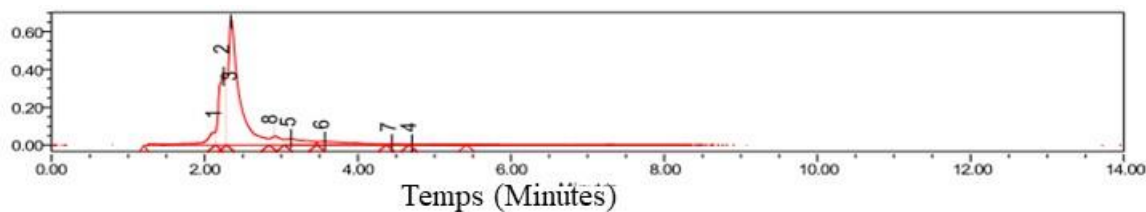


Figure 21 : Profil chromatographique par HPLC des acides aminés dans l'extrait de l'aliment C3

Pics détectés à 260 nm : 1 (Lysine 19,09 %), 2 (Alanine 4,63 %), 3 (Tryptophane 3,87 %), 4 (Méthionine 0,01 %), 5 (Proline 2,16 %), 6 (Valine 1,16 %), 7 (Arginine 0,26 %) et 8 (Tyrosine 0,16 %).

Résultats et discussion

Tableau 27: Composition en acides aminés des aliments en phase de croissance

Acides aminés (mg/100 g de protéine)	Aliments			
	C0	C1	C2	C3
Lysine	15,24	4,81	4,46	19,09
Tryptophane	0,24	3,94	1,46	3,87
Methionine	0,06	0,02	0,01	0,01
Alanine	0,73	0,46	0,4	4,63
Proline	18,78	2,39	3,95	2,16
Valine	3,84	nd	2,21	1,16
Arginine	6,05	nd	3,55	0,26
Tyrosine	0,59	0,5	1,94	0,16
Glycine	nd	2,63	0,36	nd

C0 : Aliment avec 0 % tourteau de cajou ; C1 : Aliment avec 100 % tourteaux de cajou ; C2 : Aliment avec 50 % tourteaux de cajou ; C3 : Aliment avec 95 % tourteaux de cajou ; nd : non détecté.

1.2.3. Composition chimique des aliments de pré-ponte

1.2.3.1. Teneur en nutriments des aliments de pré-ponte

Les résultats de l'analyse de la composition physico-chimique des aliments (H0, H1, H2 et H3) distribués en phase pré-ponte sont consignés dans le tableau 26. Il ressort de cette analyse que, les aliments ont des teneurs élevées en matière sèche avec des teneurs allant de $88,43 \pm 0,56$ à $90,33$ %. L'aliment H0 a enregistré la plus faible teneur qui est de $88,43 \pm 0,56$ %. Les teneurs en protéines des aliments H0 et H2 respectives de $20,83 \pm 0,17$ et $20,42 \pm 0,30$ statistiquement identiques, sont plus élevées que celles des aliments H1 ($18,43 \pm 0,42$ %) et H3 ($17,57 \pm 0,59$ %). Concernant le taux de cendres, les aliments H2 ($10,65 \pm 0,34$ %) et H1 ($10,27 \pm 0,35$ %) affichent des taux plus élevés comparativement à ceux des aliments H3 ($7,76 \pm 0,65$ %) et T0 ($7,01 \pm 0,20$ %). Les aliments H2 et H1 ont des valeurs statistiquement identiques. La teneur la plus élevée en matière grasse a été observée avec l'aliment H2 ($12,57 \pm 0,44$ %) comparativement aux aliments H1 ($9,77 \pm 0,23$ %) H3 ($7,48 \pm 0,39$ %) et H0 ($7,28 \pm 0,36$ %). Les taux élevés en cellulose sont enregistrés avec les aliments H2 ($6,09 \pm 0,20$ %) et H0 ($5,95 \pm 0,20$ %) pendant que, les plus faibles taux sont observés dans les aliments H1 ($4,49 \pm 0,21$ %) et H3 ($4,85 \pm 0,14$ %). Quant à l'énergie métabolisable produite par les aliments, les valeurs les plus élevées sont enregistrées avec les aliments H1 ($3664,83 \pm 17,37$ kcal / kg de MS) et H2 ($3659,90 \pm 7,88$ kcal / kg de MS). Ces valeurs sont supérieures à celles des aliments H3 ($3610,46 \pm 35,08$ kcal / kg de MS) et H0 ($3533,53 \pm 6,04$ kcal / kg de MS).

Résultats et discussion

Tableau 28 : Teneurs en nutriments des aliments en phase de pré-pontes

Nutriments	Aliments				F	P
	H0	H1	H2	H3		
Matière sèche (%)	88,43 ± 0,56 ^b	89,68 ± 0,32 ^a	89,39 ± 0,36 ^a	90,33 ± 0,54 ^a	8,91	<0,01
Protéines brutes (%)	20,83 ± 0,17 ^a	18,43 ± 0,42 ^b	20,42 ± 0,30 ^a	17,57 ± 0,59 ^c	45,17	<0,01
Cendres (%)	7,01 ± 0,20 ^b	10,27 ± 0,35 ^a	10,65 ± 0,34 ^a	7,76 ± 0,65 ^b	55,02	<0,01
Matière grasse (%)	7,28 ± 0,36 ^c	9,77 ± 0,23 ^b	12,57 ± 0,44 ^a	7,48 ± 0,39 ^c	136,99	<0,01
Cellulose (%)	5,95 ± 0,20 ^a	4,49 ± 0,21 ^b	6,09 ± 0,20 ^a	4,85 ± 0,14 ^b	51,28	<0,01
Energie métabolisable (Kcal / 100 g d'aliment)	3533,53 ± 6,04 ^c	3664,83 ± 17,37 ^a	3659,90 ± 7,88 ^a	3610,46 ± 35,08 ^b	27,32	<0,01

Essais : n=3 ; Moyennes ± écart type ; a, b, c, d : Les valeurs affectées de différentes lettres sur la même ligne sont significativement différentes (p < 0,05) ; H0 : 0 % de tourteau de cajou ; H1 : 100 % tourteaux de cajou ; H2 : 50 % tourteaux de cajou ; H3 : 95 % tourteaux de cajou ; EM : Energie métabolisable ; MS : Matière sèche.

Résultats et discussion

1.2.3.2. Composition en éléments minéraux des aliments de pré-ponte

1.2.3.2.1. Macro-éléments des aliments de pré-ponte

Les teneurs en macro-minéraux des aliments expérimentaux (H0, H1, H2 et H3) soumis aux poulettes en pré-ponte sont consignées dans le tableau 28. Dans l'ensemble, l'aliment H3 affiche les teneurs en Ca ($1,12 \pm 0,03$ mg / 100 g de MS), P ($1,45 \pm 0,02$ mg / 100 g de MS) et Mg ($1,48 \pm 0,01$ mg / 100 g de MS) les plus élevées au seuil de 5 % comparativement aux aliments H0, H1 et H2. Le sodium et le potassium ont été plus représentés dans l'aliment H2 par rapport aux aliments (H0, H1 et H3). Par ailleurs, le Mg et le K ont été à l'état de trace dans les aliments H2 et H1 respectivement.

Tableau 29 : Composition en macro-éléments minéraux des aliments distribuées en pré-ponte

Macro-minéraux	Aliments			
	H0	H1	H2	H3
Effectif	n	n	n	n
Ca (mg / 100 g de MS)	$0,06 \pm 0,00$	$0,12 \pm 0,01$	$0,1 \pm 0,01$	$1,12 \pm 0,03$
P (mg / 100 g de MS)	$0,12 \pm 0,01$	$0,69 \pm 0,03$	$0,14 \pm 0,01$	$1,45 \pm 0,02$
Mg (mg / 100 g de MS)	$0,13 \pm 0,03$	$0,25 \pm 0,05$	$0,01 \pm 0,00$	$1,48 \pm 0,01$
Na (mg / 100 g de MS)	$0,05 \pm 0,00$	$0,08 \pm 0,00$	$0,6 \pm 0,03$	$0,51 \pm 0,02$
K (mg / 100 g de MS)	$0,11 \pm 0,01$	$0,01 \pm 0,00$	$0,8 \pm 0,01$	$0,56 \pm 0,03$

n=3 : nombre d'essai ; H0 : 0 % de tourteau de cajou ; H1 : 100 % tourteaux de cajou ; H2 : 50 % tourteaux de cajou ; H3 : 95 % tourteaux de cajou ; Ca : Calcium ; P : Phosphore ; Mg : Magnésium ; Na : Sodium ; K : Potassium.

1.2.3.2.2. Oligo-éléments minéraux des aliments de pré-ponte

En pré-ponte, la teneur en Cu de l'aliment H3 ($0,69 \pm 0,03$ mg / 100 g de MS) est la plus élevée au seuil de 5 %. Il est à l'état de trace dans l'aliment H1.

Des fortes teneurs en Mn et Fe sont enregistrées dans les aliments H3 et H2 pendant que les plus faibles valeurs sont dosées dans les aliments H0 et H1. Quant au Zn, la teneur la plus élevée est enregistrée dans l'aliment H3 ($0,66 \pm 0,01$ mg / 100 g de MS) au seuil de signification de 5 % (tableau 30). Par ailleurs, les aliments pré-ponte formulés renferment des microéléments (Cu, Mn, Fe et Zn).

Tableau 30 : Microéléments minéraux comparés des aliments de pré-ponte

Micro-éléments minéraux	Aliments			
	H0	H1	H2	H3
Effectif	n	n	n	n
Cu (mg / 100 g de MS)	$0,12 \pm 0,02$	Trace	$0,12 \pm 0,01$	$0,69 \pm 0,03$
Mn (mg / 100 g de MS)	$0,07 \pm 0,01$	$0,01 \pm 0,00$	$0,7 \pm 0,01$	$0,6 \pm 0,01$
Fe (mg / 100 g de MS)	$0,08 \pm 0,01$	$0,01 \pm 0,00$	$0,08 \pm 0,01$	$0,49 \pm 0,02$
Zn (mg / 100 g de MS)	$0,02 \pm 0,00$	$0,06 \pm 0,01$	$0,09 \pm 0,01$	$0,66 \pm 0,01$

n=3 : nombre d'essai ; H0 : 0 % de tourteau de cajou ; H1 : 100 % tourteaux de cajou ; H2 : 50 % tourteaux de cajou ; H3 : 95 % tourteaux de cajou, Cu : Cuivre ; Mn : Manganèse ; Fe : Fer ; Zn : Zinc.

1.2.3.3. Composition en vitamines des aliments de pré-ponte

Les vitamines hydrosolubles (Vit B1, B2, B9 et C) ont été dosées dans la plupart des aliments distribués en pré-ponte. La plus forte teneur en vitamine B1 a été observée dans l'aliment H3 ($5,52 \pm 0,15$ mg / 100 g d'aliment). Quant aux aliments H0 et H1 les teneurs ont été de $3,60 \pm 0,01$ et de $1,47 \pm 0,11$ mg / 100 g d'aliment. Elle n'a pas été détectée dans l'aliment H2. L'analyse statistique a révélé une différence significative ($p < 0,05$) entre la teneur en vitamine B1 des aliments distribués.

En outre, la vitamine B2 a été dosée dans tous les aliments (H0, H1, H2 et H3). L'analyse statistique a révélé qu'entre les aliments H0 ($1,35 \pm 0,07$ mg / 100 g d'aliment) et H3 ($1,37 \pm 0,011$ mg / 100 g d'aliment), il n'y a aucune différence significative au seuil de 5 %. Mais entre H1 et H2, l'analyse statistique a révélé une différence significative entre elles avec H1 la plus faible teneur ($0,94 \pm 0,01$ mg / 100 g). La vitamine B9 a été détectée dans l'aliment H1. Quant aux autres aliments H0, H2 et H3, la vitamine B9 n'a pas été détectée (Tableau 31). Parallèlement, les teneurs en vitamine A (vitamine liposoluble) contenues dans les aliments H0 et H1 ont été de $1,28 \pm 0,03$ mg / kg d'aliment et $1,30 \pm 0,03$ mg / kg d'aliment, respectivement. L'analyse statistique n'a révélé aucune différence significative ($p > 0,05$) entre H0 et H1. Toutefois, aucune présence de la vitamine A n'a été détectée dans les aliments H2 et H3 (Tableau 31).

Tableau 31 : Teneur en vitamines hydrosolubles des aliments en pré-ponte

Vitamines	Aliments			
	H0	H1	H2	H3
Effectif	n	n	n	n
Vit B1 (mg/kg)	$3,60 \pm 0,01^b$	$1,47 \pm 0,11^c$	nd	$5,52 \pm 0,15^a$
Vit B2 (mg/kg)	$1,35 \pm 0,07^a$	$0,94 \pm 0,01^c$	$1,17 \pm 0,03^b$	$1,37 \pm 0,011^a$
Vit B9 (mg/kg)	nd	$0,15 \pm 0,01$	nd	nd
Vit C (mg/kg)	$0,03 \pm 0,01^b$	$0,01 \pm 0,00^b$	$0,31 \pm 0,01^b$	$5,52 \pm 0,03^a$
Vit A (mg/kg)	$1,28 \pm 0,03$	$1,30 \pm 0,03$	nd	nd

Essais : n=3 ; les moyennes \pm écart type, a, b, c, d (les valeurs affectées de différentes lettres sur la même ligne sont significativement différentes), Vit : Vitamine H0 : 0 % de tourteau de cajou, H1 : 100 % tourteaux de cajou, H2 : 50 % tourteaux de cajou, H3 : 95 % tourteaux de cajou, nd : non détectée.

1.2.3.4. Composition en acides aminés des aliments de pré-ponte

Les acides aminés essentiels limitants dosés dans les aliments distribués en phase pré-ponte sont consignés dans le tableau 32. Dans l'ensemble, la teneur en méthionine des aliments H0 ($0,02 \pm 0,01$ g / 100 g de protéines), H1 ($0,01 \pm 0,01$ g / 100 g de protéines), H2 ($0,01 \pm$

Résultats et discussion

0,01 g / 100 g de protéines) et H3 (0,05 ± 0,01 g / 100 g de protéines) est relativement faible. Toutefois, la valeur la plus élevée en méthionine a été obtenue avec l'aliment H3.

Par ailleurs, la teneur en lysine de l'aliment H1 a été de 5,67 ± 0,01 g / 100 g de protéines. Celles des aliments H2, H1 et H3 ont été de 3,20 ± 0,03 ; 2,71 ± 0,07 et de 0,98 ± 0,03 g / 100 g de protéines respectivement. L'analyse statistique a révélé une différence significative ($p < 0,05$) entre les aliments H1 et H0, H2 et H3. L'aliment H3 a présenté la plus faible teneur en Lysine. L'aliment H3 a affiché la plus forte teneur en tryptophane (1,95 ± 0,01 g / 100 g de protéines). Les aliments H0, H1 et H2 ont été de 0,52 ± 0,03, 0,82 ± 0,01 et de 0,17 ± 0,01 g / 100 g de protéines, respectivement. L'analyse statistique a révélé une différence significative ($p < 0,05$) entre les différents aliments.

Tableau 32 : Acides aminés essentiels limitants dosés dans les aliments en phase pré-ponte

AAEL	Aliments			
	H0	H1	H2	H3
Effectif	n	n	n	n
Met (g / 100 g de protéines)	0,02 ± 0,01 ^b	0,01 ± 0,01 ^b	0,01 ± 0,01 ^b	0,05 ± 0,01 ^a
Lys (g / 100 g de protéines)	2,71 ± 0,07 ^b	5,67 ± 0,01 ^a	3,20 ± 0,03 ^{ab}	0,98 ± 0,03 ^c
Try (g / 100 g de protéines)	0,52 ± 0,03 ^b	0,82 ± 0,01 ^b	0,17 ± 0,01 ^c	1,95 ± 0,01 ^a

AAEL : Acides aminés essentiels limitant ; Essais : n = 3 ; Moyennes ± écart type ; a, b, c : Les valeurs affectées de différentes lettres sur la même ligne sont significativement différentes ; H0 : 0 % de tourteau de cajou ; H1 : 100 % tourteaux de cajou ; H2 : 50 % tourteaux de cajou ; H3 : 95 % tourteaux de cajou ; Met : Méthionine ; Lys : Lysine ; Try : Tryptophane.

Des acides aminés semi-essentiels ont été dosés dans les aliments distribués en phase de pré-ponte. La teneur en valine des aliments H0, H1, H2 et H3 a varié de 0,09 % à 0,35 %. L'analyse statistique a révélé une différence significative entre les teneurs en valine des aliments au seuil de 5 %. Il en est de même pour la teneur en leucine.

La leucine dosée dans les aliments H0, H1, H2 et H3 était de 0,01 g / 100 g de protéines, 0,12 g / 100 g de protéines, 0,58 g / 100 g de protéines et de 0,03 g / 100 g de protéines respectivement (tableau 33). L'aliment H2 a enregistré le taux le plus élevé (0,58 %).

Tableau 33 : Acides aminés semi-essentiels limitants des aliments de pré-ponte

	Aliment			
	H0	H1	H2	H3
Effectif	n	n	n	n
Val (g / 100 g de protéines)	0,19 ± 0,01	0,35 ± 0,03	0,23 ± 0,01	0,09 ± 0,00
Leu (g / 100 g de protéines)	0,01 ± 0,00	0,12 ± 0,02	0,58 ± 0,03	0,03 ± 0,00

Val : Valine ; Leu : Leucine ; H0 : 0 % de tourteau de cajou ; H1 : 100 % tourteaux de cajou ; H2 : 50 % tourteaux de cajou ; H3 : 95 % tourteaux de cajou ; Val : Valine ; Leu : Leucine.

Résultats et discussion

Les acides aminés non essentiels détectés dans les aliments en phase pré-ponte ont été composés d'alanine, arginine, glycine, tyrosine, proline et de la cystéine. Dans l'ensemble, la présence des six (6) acides aminés a été détectée dans l'aliment H0. Les aliments H1 et H3 ont contenu trois (3) acides aminés pendant que H2 a renfermé cinq (5) (Tableau 34).

Tableau 34 : Acides aminés non essentiels des aliments distribués en pré-ponte

AANE	Aliments			
	H0	H1	H2	H3
Effectif	n	n	n	n
Ala (%)	4,31 ± 0,11 ^a	nd	4,69 ± 0,03 ^a	1,03 ± 0,01 ^b
Arg (%)	0,66 ± 0,03 ^a	0,05 ± 0,01 ^c	0,36 ± 0,01 ^b	nd
Gly (%)	0,17 ± 0,01 ^b	nd	3,91 ± 0,15 ^a	nd
Tyr (%)	0,08 ± 0,01 ^d	0,96 ± 0,01 ^a	0,36 ± 0,03 ^c	0,63 ± 0,01 ^b
Pro (%)	3,09 ± 0,11 ^a	1,06 ± 0,01 ^b	3,16 ± 0,03 ^a	0,93 ± 0,01 ^b
Cys (%)	0,50 ± 0,03	nd	nd	nd

Essais : n=3 ; Moyennes ± écart type ; a, b, c, d : Les valeurs affectées de différentes lettres sur la même ligne sont significativement différentes ; H0 : 0 % de tourteau de cajou ; H1 : 100 % tourteaux de cajou ; H2 : 50 % tourteaux de cajou ; H3 : 95 % tourteaux de cajou ; Ala : Alanine ; Arg : Arginine ; Gly : Glycine ; Tyr : Tyrosine ; Pro : Proline ; Cys : Cystéine.

1.2.4. Composition chimique des aliments de pont

1.2.4.1. Teneur en nutriments des aliments de pont

Les teneurs en matière sèche sont élevées. Elles sont comprises entre 88,69 – 89,97 %. La teneur en protéine des aliments enregistrée était 19,57 ± 0,14 % (T0), 19,66 ± 0,08 % (T1), 20,09 ± 0,12 % (T2) et 19,00 ± 0,86 % (T3). Les analyses statistiques n'ont révélé aucune différence significative ($p > 0,05$) entre les taux de protéines des différents aliments (T0, T1, T2 et T3) (Tableau 35).

Par ailleurs, l'aliment T1, avec une valeur de 8,03 ± 0,11 % a enregistré le taux élevé des cendres. Les faibles teneurs ont été observées dans l'aliment T3 (3,45 ± 0,05 %) (Tableau 35). En outre, les teneurs en la matière grasse des aliments T1 (9,08 ± 0,07 %) et T2 (9,23 ± 0,20 %) ont été statistiquement ($p < 0,05$) plus élevée que celles des aliments T0 (7,97 ± 0,08 %) et T3 (7,98 ± 0,02 %) (Tableau 35).

L'aliment T2 (5,89 ± 0,28 %) a présenté le taux le plus élevé en celluloses brutes par rapport aux aliments T0 (4,89 ± 0,10 %), T1 (4,98 ± 0,08 %) et T3 (5,21 ± 0,21 %) (Tableau 35).

De plus, l'analyse statistique a révélé une différence significative entre les taux de celluloses brutes des aliments de pont distribués, au seuil de signification 5 %.

L'énergie métabolisable résultante des aliments (ponte) était $3641,72 \pm 19,58$ kcal / kg de MS (T0), $3675,15 \pm 15,83$ kcal / kg de MS (T1), $3721,77 \pm 10,28$ kcal / kg de MS (T2) et $3782,22 \pm 17,67$ kcal / kg de MS (T3). L'analyse statistique a révélé une différence significative entre les énergies métabolisables des aliments pontes au seuil de 5 % (Tableau 35). L'aliment T3 est plus riche énergétiquement.

1.2.4.2. Composition en éléments minéraux des aliments de ponte

1.2.4.2.1. Macro-éléments des aliments de ponte

La composition en macro-éléments minéraux des aliments produits en phase de ponte est présentée dans le tableau 36. Les aliments T1 et T3 ont eu des teneurs en Ca, P et Mg les plus élevés par rapport à celles des aliments T0 et T2. Par ailleurs, le Mg a été détecté sous forme de trace dans l'aliment T0. La formulation a eu un impact sur les minéraux Ca, P et Mg. Les fortes teneurs en Na et K ont été observées dans les aliments T2 et T3.

1.2.4.2.2. Oligo-éléments des aliments de ponte

Le tableau 37 présente les résultats d'analyse des micro-minéraux contenus dans les aliments distribués en période de ponte. La teneur en cuivre la plus élevée a été observée dans l'aliment T0. L'analyse statistique a révélé une différence significative entre l'aliment T0 et les aliments T1, T2, et T3 au seuil de 5 %.

Les teneurs en Mn des aliments T2 et T3 ont été statistiquement identiques. Entre T2 et T3 d'une part et entre T1 et T3 d'autre part, une différence significative a été observée au seuil de 5 %.

La plus forte teneur en Fer a été constatée dans l'aliment T2 pendant qu'elle est sous forme de traces dans l'aliment T3. Par ailleurs, l'analyse statistique a révélé une différence significative entre les aliments T2 et T0, T1 et T3 au seuil de 5 %.

Concernant le zinc, les teneurs les plus élevées ont été enregistrées dans les aliments T2 et T3 alors que la plus faible a été enregistrée avec l'aliment T0. En outre, l'analyse statistique a révélé une différence significative entre les aliments T2, T3, T1 et T0 au seuil de 5 %.

Résultats et discussion

Tableau 35 : Teneur en nutriments des aliments produits et distribués aux poules pondeuses en phase de ponte

Nutriments	Aliments				F	P
	T0	T1	T2	T3		
Matière sèche (%)	88,68 ± 0,32 ^b	89,81 ± 0,19 ^a	89,53 ± 0,46 ^a	89,97 ± 0,03 ^a	11,14	<0,01
Protéines brutes (%)	19,57 ± 0,14	19,66 ± 0,08	20,09 ± 0,12	19,00 ± 0,86	3,04	<0,01
Cendres (%)	7,56 ± 0,14 ^b	8,03 ± 0,11 ^a	5,12 ± 0,09 ^c	3,45 ± 0,05 ^d	1265,41	<0,01
Matière grasse (%)	7,97 ± 0,08 ^b	9,08 ± 0,07 ^a	9,23 ± 0,20 ^a	7,98 ± 0,02 ^b	108,60	<0,01
Celluloses brutes (%)	4,89 ± 0,10 ^b	4,98 ± 0,08 ^b	5,89 ± 0,28 ^a	5,21 ± 0,21 ^b	17,29	<0,01
EM (kcal/kg de MS)	3641,72 ± 19,58 ^d	3675,15 ± 15,83 ^c	3721,77 ± 10,28 ^b	3782,22 ± 17,67 ^a	42,33	<0,01

a, b, c, d : Les valeurs affectées de différentes lettres sur la même ligne sont significativement différentes ; T0 : 0 % de tourteau de cajou ; T1 : 100 % tourteaux de cajou ; T2 : 50 % tourteaux de cajou ; T3 : 95 % tourteaux de cajou ; EM :Energie métabolisable ; MS : Matière sèche.

Résultats et discussion

Tableau 36 : Macro-minéraux des aliments distribués en phase de ponte

Macro-minéraux	Aliments			
	T0	T1	T2	T3
Effectif	n	n	n	n
Ca (mg/100 g de MS)	0,25 ± 0,03	1,12 ± 0,05	0,12 ± 0,01	1,15 ± 0,05
P (mg/100 g de MS)	0,52 ± 0,01	0,77 ± 0,03	0,63 ± 0,03	1,1 ± 0,04
Mg (mg/100 g de MS)	Trace	0,85 ± 0,02	0,16 ± 0,01	1,05 ± 0,03
Na (mg/100 g de MS)	0,72 ± 0,04	0,32 ± 0,01	0,9 ± 0,01	0,91 ± 0,01
K (mg/100 g de MS)	0,32 ± 0,01	0,44 ± 0,03	0,59 ± 0,03	1,14 ± 0,07

Essais : n=3 ; Moyennes ± écart type ; T0 : 0 % de tourteau de cajou ; T1 : 100 % tourteaux de cajou ; T2 : 50 % tourteaux de cajou ; T3 : 95 % tourteaux de cajou ; Ca : Calcium ; P : Phosphore ; Mg : Magnésium ; Na : Sodium ; K : Potassium.

Tableau 37 : Composition en micro-éléments minéraux des aliments pontes

Micro-éléments	Aliments			
	T0	T1	T2	T3
Effectif	n	n	n	n
Cu (mg/100 g de MS)	1,6 ± 0,04	0,56 ± 0,02	0,32 ± 0,02	0,42 ± 0,03
Mn (mg/100 g de MS)	0,48 ± 0,03	0,33 ± 0,03	0,6 ± 0,04	0,56 ± 0,04
Fe (mg/100 g de MS)	0,16 ± 0,01	0,23 ± 0,01	0,67 ± 0,05	0,01 ± 0,00
Zn (mg/100 g de MS)	0,3 ± 0,01	0,53 ± 0,01	0,62 ± 0,01	0,59 ± 0,02

Essais : n=3 ; Moyennes ± écart type ; T0 : 0 % de tourteau de cajou ; T1 : 100 % tourteaux de cajou ; T2 : 50 % tourteaux de cajou ; T3 : 95 % tourteaux de cajou ; Cu : Cuivre ; Mn : Manganèse ; Fe : Fer, Zn : Zinc.

1.2.4.3. Composition en vitamines des aliments de pontes

Le tableau 38 présente l'ensemble des vitamines (hydrosolubles et liposolubles) contenues dans les aliments distribués en période de ponte. La plus forte teneur en vitamine B1 a été enregistrée dans l'aliment T0. Dans les aliments T1 et T3, des valeurs similaires ont été enregistrées. La plus faible valeur de vitamine B1 a été obtenue avec l'aliment T2. Par ailleurs, l'analyse statistique n'a révélé aucune différence significative entre les aliments T1 et T3. Cependant, entre les aliments T0, T1, T2 et T3, l'analyse statistique a révélé une différence significative ($p < 0,05$). La vitamine B2 est présente dans tous les aliments. La teneur la plus élevée a été enregistrée avec l'aliment T0. Aussi, la plus faible teneur a été observée avec l'aliment T3. L'analyse statistique n'a révélée aucune différence significative entre les aliments T1 et T2 au seuil de 5 %. Par contre, l'analyse statistique a révélé une différence significative ($p < 0,05$) entre les teneurs en Vitamine B2 des aliments en période de ponte. Par ailleurs, Les vitamines C et A ont été à l'état de traces dans tous les aliments.

Résultats et discussion

Tableau 38 : Composition en vitamines des aliments distribués en phase de ponte

Vitamines	Aliments			
	T0	T1	T2	T3
Effectif	n	n	n	n
Vit B1 (mg/100g)	3,22 ± 0,07	1,65 ± 0,03	1,10 ± 0,01	1,71 ± 0,03
Vit B2 (mg/100g)	1,29 ± 0,01	1,14 ± 0,01	1,10 ± 0,02	0,97 ± 0,03
Vit B9 (mg/100g)	0,10 ± 0,01	0,01 ± 0,00	0,09 ± 0,00	0,02 ± 0,00
Vit C (mg/100g)	0,14 ± 0,01	0,03 ± 0,00	0,03 ± 0,00	0,08 ± 0,00
Vit A (mg/100g)	0,14 ± 0,03	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,00	0,08 ± 0,01

Essais : n=3 ; Moyennes ± écart type ; Vit : Vitamine ; T0 : 0 % de tourteau de cajou ; T1 : 100 % tourteaux de cajou ; T2 : 50 % tourteaux de cajou ; T3 : 95 % tourteaux de cajou.

1.2.4.4. Composition en acides aminés des aliments de ponte

La composition en acides aminés des protéines de l'aliment T0 était composé de huit (8) acides aminés dont la lysine (2,89 %), l'alanine (4,44 %), le tryptophane (1,84 %), la méthionine (0,01 %), la proline (2,59 %), la valine (0,36 %), l'arginine (2,76 %) et la tyrosine (0,01 %) (Tableau 39).

Dans le tableau 39, sont renseignés les taux des acides aminés des protéines de l'aliment T1. Au total, huit (8) acides aminés ont été détectés dans cet aliment. Ce sont la lysine (0,67 %), l'alanine (4,73 %), le tryptophane (0,81 %), méthionine (0 %), la proline (0,72 %), la valine (0,30 %), l'arginine (0,26 %) et la tyrosine (0,08 %).

Dans le tableau 39 sont consignés les taux des acides aminés dosés dans les protéines de l'aliment T2. Le profil est composé de dix (10) acides aminés dont l'alanine (4,79 %), la glycine (1,35 %), du tryptophane (0,01 %), la tyrosine (0,20 %), la lysine (2,48 %), la valine (1,07 %), l'arginine (0,12 %), la méthionine (0 %), la leucine (0,07 %) et la proline (0,45 %).

La composition en acides aminés de la protéine dosée dans l'aliment T3 était composé de huit (8) acides aminés. Il s'agit de la lysine (1,27 %), l'alanine (2,88 %), le tryptophane (1,12 %), la méthionine (0 %), la proline (0,67 %), la valine (0,25 %), l'arginine (0,22 %) et la tyrosine (0,09 %) (Tableau 39).

Résultats et discussion

Tableau 39 : Aminogramme des aliments de ponte

Acides aminés	Aliments			
	T0	T1	T2	T3
Lysine (g/100 g de protéine)	2,89	0,67	1,07	1,27
Méthionine (g/100 g de protéine)	0,01	0	0	0
Tryptophane (g/100 g de protéine)	1,84	0,81	0,01	1,29
Alanine (g/100 g de protéine)	4,44	4,73	4,79	2,88
Proline (g/100 g de protéine)	2,59	0,72	0,45	0,67
Valine (g/100 g de protéine)	0,36	0,3	1,07	0,25
Arginine (g/100 g de protéine)	2,76	0,26	0,12	0,22
Tyrosine (g/100 g de protéine)	0,01	0,08	0,2	0,09
Glycine (g/100 g de protéine)	nd	nd	1,35	nd
Leucine (g/100 g de protéine)	nd	nd	0,07	nd

nd : Non détecté ; T0 : 0 % de tourteau de cajou ; T1 : 100 % tourteaux de cajou ; T2 : 50 % tourteaux de cajou ; T3 : 95 % tourteaux de cajou.

2. Discussion

L'utilisation des productions agricoles par l'industrie agroalimentaire amène dans la majorité des situations à séparer les fractions de réserve (amidon, lipides) utilisées en alimentation humaine ou dans d'autres voies, et conduit à enrichir les coproduits dans les autres fractions de la matière organique (protéines et parois) et parfois en minéraux (INRA, 2018). La bonne valorisation des coproduits en alimentation animale nécessite donc une caractérisation précise de leur composition chimique globale, mais aussi une meilleure connaissance de la qualité de ces parois et de ces protéines permettant ainsi de définir les meilleures voies de la valorisation animale. L'échantillon de tourteau de cajou a été soumis aux différentes analyses chimiques en vue de sa valorisation en aliment de poulettes et poules pondeuses ISA Brown. Ainsi, la matière sèche du tourteau de cajou a été déterminée. Le résultat d'analyse affiche $89,12 \pm 0,82$ %. Cette valeur est inférieure au taux de 90,80 % trouvé par Kouakou *et al.* (2018) dans la même matrice utilisée lors de leurs expérimentations. Comparer à certaines matières premières protéiques végétales utilisées en alimentation animale, le tourteau de cajou a une matière sèche supérieure à celles des tourteaux de soja (87,8 %) et de colza (88,70 %) rapportées par Sauviant *et al.* (2004) lors de leurs études sur la composition et valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage. Mais, elle se rapproche de celle du tourteau de soja (89 %) (Nir, 2003). Par ailleurs, elle est inférieure à 92,30 % obtenue dans le tourteau de coton

Résultats et discussion

(Dazoundo & Senahou, 2010). La teneur élevée de la matière sèche serait due à l'efficacité de la technique de production du tourteau de cajou. En effet, au cours du processus de production du tourteau de cajou, le pressage et le séchage ont permis d'éliminer le maximum d'eau contenue dans la matrice. Ce qui traduirait sa richesse en éléments nutritifs tels que, les protéines, les lipides, les glucides et les sels minéraux indispensables pour le bien-être des animaux d'élevage. Le taux élevé de la matière sèche est bénéfique pendant la conservation puisqu'il permet de stabiliser le produit.

La teneur en matière grasse du tourteau de cajou est de $8,57 \pm 0,76$ %. Cette valeur est inférieure à celle obtenue par Aremu *et al.* (2006) dans le tourteau de cajou (36,7 %) lors de leurs expérimentations, et à celle de Gernah *et al.* (2007) enregistrée dans les graines de néré (*Parkia biglobosa*) (15,94 - 19,5 %). Toutefois, cette valeur est supérieure à celles obtenues dans les tourteaux de soja (7 %) (Le Cadre *et al.*, 2015) et palmiste (2,90 %) (Sassa *et al.*, 2021) lors de leurs études. Aussi, la teneur en matière grasse du tourteau de cajou est supérieure à celle dans les tourteaux de soja (2,2 %), de colza (2,6 %), de tournesol (1,8 %) et de lin (3,4 %) rapportées par Poncet *et al.* (2003) qui travaillaient sur la composition chimique et valeur alimentaire des oléo protéagineux. Au même moment, elle est proche de celles dans la farine de poisson ($9 \pm 0,17$ %) (Ky *et al.*, 2020) et dans la graine de *Ceiba pentandra* (9,70 %) (Nahari & Asha, 2003). La teneur élevée en matière grasse du tourteau de cajou peut s'expliquer par le procédé d'extraction de l'huile de cajou. En effet, le procédé est techniquement complexe et ses effets sont parfois aléatoires, car l'échauffement dépend de nombreux paramètres parfois difficiles à maîtriser et à optimiser. Les graines riches en huile ne s'échauffent pas suffisamment et doivent être associées à une céréale ou une légumineuse riche en amidon (Melcion, 1987) ou à des matières premières absorbantes comme le son. Le traitement peut être précédé d'une étape de cuisson. Toutefois, la forte teneur en matière grasse serait bénéfique pour les animaux d'élevage puisqu'un gramme (1 g) lipide augmente l'énergie du tourteau de cajou de 9 kcal.

La teneur en protéines brutes du tourteau de cajou est de $20,34 \pm 0,31$ %. Cette valeur est inférieure aux 25,75 % trouvées par Silué *et al.* (2020) dans le tourteau de cajou utilisé lors de leurs expérimentations sur les poules pondeuses. Cette teneur en protéine du tourteau de cajou est aussi inférieure aux 21,90 % rapportées par Oyewusi *et al.* (2007) dans le tourteau d'hévéa utilisé pendant leur étude. La faible teneur en protéine du tourteau de cajou analysé par rapport à celles des auteurs pré-cités peut s'expliquer par la technique d'extraction de l'huile de cajou appliquée. En effet, l'extrusion de l'amande de cajou peut dégrader les structures secondaires des protéines et entraîner une dénaturation de celle-ci. Le traitement thermique de la protéine peut engendrer de profonde modification dans la structure de la protéine. En effet,

Résultats et discussion

le traitement par la chaleur supérieure à 100 °C peut provoquer des réactions de désamination. Aussi, la pression exercée lors de l'extraction de l'huile de cajou peut dénaturer les protéines dès que la pression est supérieure à 50 kPa. Par ailleurs, la teneur en protéines du tourteau de cajou est inférieure à celle du tourteau de soja (51,60 %) (INRA, 2010), du tourteau de coprah (22,94 %) (Montcho *et al.*, 2016), du tourteau de coton (45 %) (Watkins *et al.*, 2002). Elle est également inférieure à la teneur de protéines dosée dans la farine de poisson (49,80 %) (Sauvant *et al.*, 2004), la graine de néré (*Parkia biglobosa*) (30,06 - 32,3 %) (Lockett *et al.*, 2000) obtenue lors de leurs études. Cette teneur en protéines du tourteau de cajou relativement faible serait un facteur limitant son utilisation comme principale source de protéines végétales pour certains animaux d'élevages. Cependant, le tourteau de cajou sera bénéfique pour les volailles (poules pondeuses) du fait de leur besoin en protéines relativement faible (moins de 20 %).

Concernant la composition en acides aminés des protéines du tourteau de cajou, il est composé de huit (8) acides aminés. Les teneurs en lysine, tryptophane et tyrosine du tourteau de cajou sont supérieures à celles des tourteaux de canola lysine (2,00 %), tryptophane (0,48 %) et tyrosine (1,16 %) (Newkirk, 2009) et de soja (lysine (2,90 %) et tryptophane (0,74 %) excepté la tyrosine (1,95 %) rapporté par Britzman (1994) lors de leur étude sur la digestibilité des indices protéiques dans les régimes des volailles. Aussi, les teneurs en lysine, tryptophane du tourteau de cajou sont supérieures à celles des tourteaux de lin (lysine (3,57 %), tryptophane (1,59 %), camiline (lysine (4,76 %), tryptophane (1,27 %) et de courge (lysine (3,66 %) et tryptophane (1,33%) obtenues par Annelies (2019) dans ses travaux portant sur les oléagineux comme alternatives aux protéines importées. La lysine, la méthionine et le tryptophane sont des acides aminés essentiels limitants pour les volailles. Elles sont incapables de synthétiser ces acides aminés, la valorisation du tourteau de cajou est d'une grande importance puisqu'il permettra à l'aliment de fournir aux poules des acides aminés essentiels limitants pour la survie des animaux. De même, les protéines sont constituées d'acides aminés que les poules tirent de leur alimentation pour fabriquer leurs propres protéines Eekeren *et al.* (2006). De plus, le maïs étant pauvre en protéines (7 à 12 % MS) avec un profil d'acides aminés très déséquilibré : déficience en lysine et en tryptophane (De Groote *et al.*, 2010), une ration à base de maïs et de tourteau de cajou permettra non seulement d'équilibrer le taux de protéines mais aussi de corriger le déficit en lysine et tryptophane (deux acides aminés limitant chez les monogastriques) de cet aliment.

Par ailleurs, la teneur en celluloses brutes du tourteau de cajou ($5,28 \pm 0,14$ %) est inférieure à celle trouvée par Kouakou *et al.* (2018) qui est de 6,30 %. Également, elle est inférieure à celles de certains tourteaux tels que celui du soja (6,25 %) et du palmiste (18,70 %)

Résultats et discussion

rapportée par Sassa *et al.* (2021) de leurs études sur les effets comparés de la substitution partielle du tourteau de soja par la farine d'asticots séchés dans des rations alimentaires sur les performances zootechniques des poulets de chair à Ngaoundéré au Cameroun. Des valeurs plus élevées ont été obtenues dans les tourteaux de coton (11,00 %) et lin (9,30 %) par Henry *et al.* (2001) et Laura *et al.* (2008) respectivement. Une faible teneur en fibres totales serait bénéfique pour les monogastriques surtout les volailles du fait de leurs incapacités de digérer les fibres. Les matières premières à faible teneur en fibres sont d'un grand avantage pour celles-ci. Ainsi, les aliments pauvres en fibres permettent aux monogastriques d'assimiler le maximum d'éléments nutritifs assimilables, nécessaires pour exprimer leur potentiel génétique.

Concernant la teneur en cendres du tourteau de cajou ($4,78 \pm 0,85$ %). Elle est comparable à celles des tourteaux de palmiste (4,20 %) (Toléba *et al.*, 2009) obtenues lors de leurs études sur la composition chimique des tourteaux de palmiste et d'arachide (4,38 %) (Ponka *et al.*, 2016). Ce taux est supérieur à celui obtenu par Lautié *et al.* (2001) dans l'amande de cajou qui est de 3,40 %. Comparé à d'autres matrices au Burkina Faso tels que le tourteau de soja ($6,36 \pm 0,20$ %), le tourteau de coton ($7,08 \pm 0,20$ %) (Ky *et al.*, 2020) et en France, la farine de poisson (17,17 %) (Bastianelli *et al.*, 2009), le tourteau de cajou a un faible taux de cendres. Il est également inférieur aux 5 % trouvés par Debruyne (2001) dans le tourteau de soja aux USA. Ce faible taux de cendres du tourteau de cajou traduit une faible teneur en éléments minéraux. Les minéraux sont des éléments indispensables au bon fonctionnement de l'organisme et à la croissance des volailles.

L'énergie métabolisable (EM) correspond à la différence entre l'énergie ingérée (énergie brute) et l'énergie qu'on retrouve dans les excréments. Dans le tourteau de cajou produit, cette énergie est de $3762,38 \pm 40,29$ kcal / kg de MS. Cette énergie métabolisable est inférieure à celle enregistrée dans le tourteau de cajou (4883 à 5516 kcal / kg de MS) par Lacroix (2003) et Kouakou *et al.* (2018) au cours de leurs études. Cette disparité de l'énergie métabolisable du tourteau de cajou peut s'expliquer par la technique d'extraction de l'huile de cajou. En effet, le procédé de trituration utilisé pour récupérer l'huile a un impact sur l'énergie brute contenue dans le tourteau puisque la teneur en lipides, protéines et constituants des parois végétales peuvent considérablement changer (Lessire, 2009). L'Énergie métabolisable du tourteau de cajou est supérieure à celle du tourteau de soja (2440 kcal / kg MS) (Nir, 2003). La teneur élevée d'énergie métabolisable du tourteau de cajou sera bénéfique pour les animaux d'élevage notamment les volailles puisque, l'aliment destiné aux poules pondeuses doit contenir une énergie métabolisable de 2750 kcal / kg de MS conformément aux besoins des poules pondeuses.

Résultats et discussion

La teneur en calcium (Ca) du tourteau de cajou est de $0,04 \pm 0,01$ mg / 100 g de MS. Cette teneur est inférieure à celle du tourteau de coton (0,1 mg / 100 g de MS) (Shekar-Reddy *et al.*, 1998), du tourteau d'arachide ($0,10 \pm 0,00$ mg / 100 g de MS) (Ayssiwade *et al.*, 2010), les feuilles de *Moringa oleifera* (440 – 3468 mg / 100 g (Houndji *et al.*, 2013). Mais, la teneur en calcium du tourteau de cajou est supérieure à celles dosées dans le maïs (0,03 mg / 100 g de MS) par Mbuya *et al.* (2015) lors de leurs études. La faible teneur en calcium du tourteau de cajou peut s'expliquer par la faible teneur en cendres du tourteau de cajou. De ce fait, la valorisation du tourteau de cajou en nutrition animale notamment en élevage de poules pondeuses nécessitera une supplémentation avec une matière première riche en calcium afin de corriger le déficit en ce minéral. Le calcium est un des constituants essentiels du tissu osseux. Il aide à maintenir une ossature normale. Il contribue également au bon fonctionnement de l'organisme et des enzymes digestives.

Concernant la teneur en phosphore (P) du tourteau de cajou ($0,14 \pm 0,01$ %). Elle est inférieure à la valeur 0,4 % trouvée par Mbuya *et al.* (2015) dans le tourteau de cajou. Cette teneur en phosphore du tourteau de cajou est également inférieure à celle des tourteaux de sésame (1,37 %) (Nir, 2003), farine d'os (15,25 %) (Sassa *et al.*, 2021) et Arille du faux cajou (*Blighia sapida*) (0,49 - 152,43 mg / 100 g) (Dossou *et al.*, 2004). Bien que les teneurs en calcium et en phosphore du tourteau de cajou soient relativement faibles, la valorisation du tourteau de cajou en alimentation animale permettra non seulement de diversifier les sources de ces minéraux mais aussi de diminuer les quantités résiduelles de compléments minéraux dans une ration à base de maïs et du tourteau de cajou.

Par ailleurs, le tourteau de cajou renferme des vitamines. Sa teneur en vitamine B1 ou thiamine est de $4,88 \pm 0,07$ mg / 100 g de tourteau. Cette teneur est inférieure à celle de la levure (10 mg / 100 g). Toutefois, elle est supérieure à celle de la graine de tournesol (1,9 mg / 100 g), des haricots verts cuits (0,06 mg / 100 mg) et de l'œuf dur (0,07 mg / 100 mg) rapportées par Favier *et al.* (1995). De plus, elle est supérieure à celles de la graine de *Parkia biglobosa* (0,2 - 0,65 mg / 100 g) (Djakpo, 2005) et de la pulpe de baobab (0,0 - 0,6 mg / 100 g) (Chadare *et al.*, 2009). La vitamine B1, ou thiamine, est une vitamine hydrosoluble d'origine alimentaire uniquement. Elle intervient comme cofacteur de réactions métaboliques et est impliquée dans les phénomènes de neurotransmission. La valorisation du tourteau de cajou en alimentation animale (volaille) permettra non seulement de lutter contre le développement de maladies carencielles, mais aussi, d'améliorer la production. En effet, la vitamine B1 influence le métabolisme des glucides, favorise le développement corporel des volailles, influence favorablement les systèmes digestif et nerveux, écarte les infections bactériennes intestinales

Résultats et discussion

des poules, favorise la production d'œufs et leur éclosion. Le taux de Vit B2 est supérieur à celui enregistré dans la graisse de soja (0,45 mg / 100 g) obtenu dans la graine de *Parkia biglobosa* (Olujobi, 2012) à 3 mg / 100 g dans le rognon de bœuf cuit, et à 4,3 mg / 100 g dans le foie de volaille cuit (ANSES, 2020). Mais, elle est proche de celle du foie de veau cuit 1,7 mg / 100 g (ANSES, 2020). Cette teneur est également supérieure à celle de l'haché végétal à base de soja (0,04 mg / 100 g) (ANSES, 2020) et d'arachide (0,11 mg / 100 g) (ANSES, 2008). La vitamine B2 ou riboflavine, joue un rôle dans la chaîne respiratoire des cellules et dans le catabolisme des acides gras (Cayot, 2021). Les métabolites actifs de la riboflavine, comme le FMN (flavine mononucléotide) et le FAD (flavine adénine dinucléotide) agissent comme intermédiaires dans le transfert d'électrons dans les réactions de la chaîne respiratoire menant à la génération de l'énergie. Ils agissent également comme co-enzymes dans les réactions menant au catabolisme des acides gras et à l'utilisation métabolique (catabolisme et transamination) des acides aminés (Le Grusse & Watier, 1993). Ainsi, la valorisation du tourteau de cajou en alimentation animale (poules pondeuses) va permettre au secteur de la nutrition animale d'améliorer la productivité. Aussi, elle permettra de lutter contre certaines maladies causées par la carence de vitamines. Le tourteau de cajou est une source importante de vitamines B1 et B2.

Tout comme les vitamines B1 et B2, il y a de la vitamine C. La teneur en vitamine C contenue dans le tourteau de cajou est de $0,09 \pm 0,01$ mg / 100 g. Cette teneur est inférieure à celle enregistrée dans la pomme de cajou qui est de 200 à 300 mg (Lautié *et al.*, 2001). Ce taux est inférieur à celui du Kiwi (82 mg / 100 g) (ANSES, 2020) et celui des feuilles du kapokier (*Ceiba pentandra*) (4,91 mg / 100 g) obtenu par Raimi *et al.* (2014) de leurs études sur la composition physicochimique des feuilles de *Ceiba pentandra*, *Manihot esculentus* et *Abelmoschus esculentus* dans le Sud-Ouest du Nigeria. Le faible taux peut être expliqué par la sensibilité de la vitamine C à la chaleur. En effet, la vitamine C, encore appelée acide ascorbique, est une vitamine hydrosoluble, sensible à la chaleur, aux ultraviolets et à l'oxygène (Fain, 2013 ; Duron-Bourzeix, 2014). La technique de production du tourteau de cajou comprend une phase de cuisson qui pourrait entraîner des pertes de la vitamine C contenue dans l'amande de cajou. La vitamine C est probablement la vitamine dont les pertes à la cuisson ont été le plus étudiées. Les facteurs les plus impliqués dans sa dégradation sont la chaleur et l'oxydation (Tessier, 2012). En outre, la vitamine C est un puissant antioxydant. Elle stimule la synthèse et l'entretien du collagène et de certains neurotransmetteurs comme la noradrénaline. Elle est nécessaire aux défenses anti-infectieuses et favorise l'absorption du fer. Elle réduit les réactions allergiques en diminuant le taux d'histamine sanguin. Elle réduit la nocivité des

Résultats et discussion

métaux toxiques (plomb, nickel, cadmium) en favorisant leur élimination. De ce fait, l'incorporation du tourteau de cajou en alimentation animale va permettre d'améliorer la productivité et de lutter contre le stress des animaux.

Un aliment est une substance qui doit fournir à l'animal l'énergie et les éléments nécessaires à son maintien en vie et donc couvrir les besoins d'entretien. Selon Périquet (2004), une bonne alimentation est la première condition pour la réussite d'un élevage. Pour les animaux d'élevage, l'aliment devra en plus apporter assez de nutriments pour répondre aux besoins de production (œufs ou viande) (Morinière, 2015). Les aliments de croissance ont été soumis aux volatiles dès la 7^{ème} semaine jusqu'à la fin de la période de croissance (16^{ème} semaine). Ces aliments ont été soumis à des analyses chimiques. Ainsi, dans ces aliments distribués en période de croissance aux poulettes, le taux d'humidité a oscillé entre 10,59 et 11,79 %. Ces valeurs sont supérieures à celles obtenues par Touré *et al.* (2020) de l'ordre de $9,90 \pm 0,75$ % lors de son étude sur les aliments pour animaux au Gabon. Comme l'on devrait s'y attendre, la teneur en matière sèche des aliments de croissance est élevée (88,20 – 89,40 %). Ces résultats sont comparables à ceux obtenus par Manassé (1999). Pour cet auteur, les taux de matières sont compris entre 88,76 et 89,19 %. Les teneurs en matières sèches des aliments analysés respectent les normes généralement admises pour les farines destinées à la consommation des poules. Selon cette norme, le taux d'humidité ne devrait excéder 14 % et la matière sèche 86 % (OCC, 1998). Les aliments peuvent être classés parmi les aliments secs. Cet état de siccité est favorable à la conservation des aliments, puisque dans les produits déshydratés ou fortement séchés, l'activité de l'eau atteint des valeurs suffisamment basses pour interdire le développement d'une forte proportion de micro-organismes (Leyral & Vrielling, 1997). Seules les spores et quelques formes végétatives peuvent persister. La stabilité et la sécurité des aliments sont donc notablement garanties. L'humidité et la matière sèche sont deux (2) facteurs limitant la conservation d'un aliment. La teneur en humidité influe également sur la stabilité et la qualité des produits.

Concernant la teneur en protéines des aliments, elle a varié entre 17,57 et 20,83 %. Les aliments C0, C1 et C2 ont des taux de protéines supérieurs à celui trouvé par Touré *et al.* (2020) qui est de $17,78 \pm 0,67$ %. Quant à l'aliment C3, le taux de protéines ($17,57 \pm 0,59$ %) se rapproche de celui de ces mêmes auteurs. En outre, les aliments C1 et C3 ont des teneurs en protéines qui se rapprochent de la valeur recommandée par Bedrane (2016) qui est de 18 % pour une énergie métabolisable comprise entre 2300 - 2800 kcal / kg d'aliment. Quant à la norme OCC (1998), les aliments C1 et C3 ont des teneurs en protéines qui concordent avec cette norme. Elle fixe le taux de protéines pour les poules en phase croissance entre 14 et 20 %.

Résultats et discussion

Les cendres représentent l'ensemble des minéraux contenus dans les aliments. Les taux de cendres des aliments C0 ($5,09 \pm 0,11$ %), C1 ($5,22 \pm 0,12$ %) et C2 ($5,20 \pm 0,14$ %) ont été inférieurs à celui de l'aliment C3 ($5,99 \pm 0,01$ %). Ces teneurs sont comparables à celle de l'aliment poulette unique (6 - 22 semaines) obtenue par Touré *et al.* (2020) pendant leurs études sur le contrôle de la qualité granulométrique et nutritionnelle des aliments pour animaux à la Société Meunière et Avicole du Gabon (SMAG). Toutefois, ces valeurs restent inférieures à celle de l'aliment distribué par Sidibé (2013) qui a été de 12 % enregistrée pendant leurs expérimentations sur deux races de poules pondeuses. Le faible taux de cendres dans les aliments formulés traduit aussi une faible teneur en sels minéraux qui sont des éléments indispensables au bon fonctionnement de l'organisme et à la croissance des volailles.

Par ailleurs, en dehors de l'aliment C2, les autres aliments (C0, C1 et C3) ont des teneurs en matière grasse inférieures à celle obtenue dans l'aliment ponte ($11,34 \pm 0,00$ %) de Ponka *et al.* (2016) lors de leur étude sur l'évaluation nutritionnelle de quelques ingrédients entrant dans la formulation alimentaire des poules pondeuses et porcs d'une ferme d'élevage au Nord-Ouest du Cameroun. Cependant, toutes ces valeurs sont supérieures à la Norme 052 / 4 - 1 qui est de 6 % (OCC, 1998). Aussi, ces valeurs sont supérieures à la recommandation de NOVOGEN (2015) (3,0 - 4,5 %) en période de croissance. Ces valeurs relativement élevées peuvent être expliquées par la présence du tourteau de cajou dans les aliments. En effet, les matières grasses ont des propriétés lubrifiantes recherchées sur le plan technique pour la fabrication des aliments composés. Elles permettent notamment de réduire le coût énergétique et l'usure du matériel et améliore leur palatabilité (Dragoul *et al.*, 2004). En outre, la graisse possède un effet extra calorique qui réduit la vitesse du transit digestif de la ration, en améliorant ainsi l'absorption du reste des nutriments. Les aliments à base de tourteau de cajou sont donc une bonne source d'énergie pour les poulettes du fait de la proportion élevée de matière grasse.

La cellulose est un polysaccharide constitué de longues chaînes non ramifiées de β 1,4-glucopyranose. La teneur en cellulose des aliments C2, C1, C3 et C1 est respectivement de $6,09 \pm 0,20$; $5,95 \pm 0,20$; $4,85 \pm 0,14$ et $4,49 \pm 0,21$ %. Ces taux sont tous inférieurs à la recommandation de l'ordre de 7 % (ITAB, 2009 ; ITAB, 2010). Selon ITAB (2009), la teneur maximale de cellulose dans l'alimentation des poulettes âgées de plus de 7 semaines et des poules pondeuses en période de ponte ne devrait pas excéder 7 %. En outre, le taux de cellulose a varié d'un aliment à un autre et d'une source de protéine à une autre. Ceci peut être dû à la variabilité des teneurs en cet élément dans les matières premières employées. Selon Malumba (2000), la variabilité de la cellulose peut être due à la variabilité des teneurs en cet élément dans les matières premières employées ou encore à une variabilité au niveau des méthodes d'analyses

Résultats et discussion

mises en œuvre. Ces faibles teneurs dans les aliments seront bénéfiques pour le secteur de la production animale (poules pondeuses) puisque le niveau de cellulose dans une ration va d'une part tendre à abaisser la quantité d'énergie métabolisable et d'autre part va jouer sur la digestibilité de l'aliment ainsi que sur sa vitesse de transit dans le tube digestif (Nesseim, 2005). Concernant l'énergie métabolisable des aliments, elle a oscillé entre 3533 et 3664,83 kcal / kg. Ces valeurs sont supérieures au besoin en énergie de 2700 - 2800 kcal d'énergie métabolisable par kg d'aliment rapporté par Nayet (2018). En outre, Parent *et al.* (1989) ont trouvé 2600 kcal / kg d'aliment lors de leurs études sur les besoins alimentaires des volailles en milieu tropical selon les catégories et les périodes d'élevage. ITAB (2010) recommande entre 2600 et 2800 kcal / kg d'aliment de la 7^{ème} à la 23^{ème} semaine. Des valeurs similaires (3619,28 et 3705,15 kcal / kg d'aliment) ont été obtenues par Manassé (1999) lors de son étude sur les effets de l'augmentation des taux de graines de soja dans les aliments des poules pondeuses, souche commerciale SHAVER 777, sur la production d'œufs. L'aliment riche en énergie, bien qu'il soit bénéfique pour les oiseaux (améliore les performances zootechniques), augmenterait le coût de la production.

Pour les animaux d'élevage, l'aliment devra en plus apporter assez de nutriments pour répondre aux besoins de production (œufs ou viande) (Morinière, 2015). Parmi ces nutriments, figure le calcium. La teneur en calcium de l'aliment C3 est de 0,60 %. Celles des aliments C0, C1 et C2 sont de 0,15 ; 0,10 et 0,16 % respectivement. Ces valeurs sont inférieures à celles de la norme (0,68 - 1,20 %) (OCC, 1998). Selon ITAB (2010), les poulettes en phase croissance ont besoin de 1 % de calcium dans l'aliment. Le calcium est le minéral le plus abondant au sein de l'organisme. Il est l'un des éléments essentiels dans la fabrication du squelette de l'animal en croissance. Bien qu'en pratique une déficience modérée en calcium n'affecte de façon sensible la croissance que chez le très jeune animal. Chez l'animal plus âgé la déficience ne ralentit guère la croissance. Mais, elle diminue la minéralisation des os, surtout ceux qui sont en phase de croissance intense au moment où survient la déficience (Larbier & Leclercq, 1992). Toutefois, la teneur en calcium de l'aliment C3 est plus élevée aux autres aliments. Le calcium joue un rôle majeur dans la constitution du squelette. A côté du calcium, la carence de sodium dans un aliment pourrait entraîner la réduction de l'assimilation des protéines au niveau des cellules intestinales, le picage et la diminution de l'appétit et de la croissance (Peyronnet *et al.*, 2014). Snowdon (1995) a recommandé une incorporation de 0,5 % dans la ration. Les aliments C0 et C1 cadre bien avec cette recommandation.

Le phosphore est un élément minéral essentiel à presque toutes les réactions chimiques à l'intérieur des cellules. Ses teneurs dans les aliments C1 (1,45 %) et C3 (0,66 %), sont

Résultats et discussion

supérieures à celle (0,40 %) obtenue par Leborgne *et al.* (2013) lors de leurs études sur la nutrition et l'alimentation des animaux d'élevage. Celles des aliments C2 (0,01 %) et C0 (0,05 %) sont sous forme de trace. La forte teneur en phosphore de l'aliment T3 se justifierait par l'ajout de tourteau de coton dans sa formulation. Selon Pointillart (1994), la quantité de phosphore phytique dans le tourteau de coton serait comprise entre 7,0 - 7,5 g / kg. L'ajout de tourteau de coton dans l'aliment C3 formulé entraînerait une répercussion sur la proportion de phosphore présent à cet effet. Une grande proportion du phosphore est présente au niveau du squelette, mais il joue également un rôle essentiel dans les phénomènes énergétiques cellulaires puisque ceux-ci sont dépendants de réactions de phosphorylation-déphosphorylation. Le phosphore intervient aussi dans de nombreux systèmes enzymatiques c'est pourquoi, la carence en phosphore se traduit par une perte d'appétit, un ralentissement de la croissance, des troubles locomoteurs graves et de la mortalité.

Les volailles utilisent les acides aminés qui sont les constituants élémentaires des protéines. Une protéine brute donne peu d'informations sur la composition en acides aminés et / ou leur biodisponibilité. En outre, la spécificité d'une protéine repose sur sa composition en acides aminés. Les teneurs en lysine des aliments C3 (19,09 %), C0 (15,24 %), C1 (4,81 %) et C2 (4,46 %) sont supérieures à la norme ISA (2011) en croissance (0,98 %) et au développement (0,74 %) des poulettes. Les proportions de méthionine dans les aliments C0 (0,06 %), C1 (0,02 %), C2 (0,01 %) et C3 (0,01 %) sont inférieures à la recommandation (0,5 %) en phase croissance (INRA, 1992). Concernant le tryptophane, les teneurs enregistrées (0,24 - 3,94 %) dans les aliments distribués en phase de croissance sont supérieures à la recommandation ISA en phase croissance (0,21 %) et développement (0,16 %) (International GmbH, 2020). Les acides aminés apportés par l'aliment ne correspondant pas forcément aux besoins de production, la poule les transforme pour reconstituer ceux dont elle a besoin. Mais, certains acides aminés ne peuvent être fabriqués par la poule à partir des apports alimentaires, ce sont les « acides aminés limitant » ou « essentiels ». Il s'agit notamment de la lysine, du tryptophane, de méthionine... Ils doivent obligatoirement être apportés tels quels dans l'aliment pour une croissance normale des poulets ou pour la production d'œufs. Leur carence entraîne des retards de croissances et des chutes de ponte (Dayon & Arbelot, 1997). La concentration en protéine d'un aliment ne signifie rien, seul compte l'équilibre de la composition en acides aminés des protéines. Il faut également tenir compte de la digestibilité des acides aminés indispensables ; certains traitements des matières premières comme le traitement des tourteaux par une chaleur trop forte peut réduire la digestibilité de la lysine (Dayon & Arbelot, 1997). Les aliments pour

Résultats et discussion

la plupart sont une bonne source d'acides aminés du fait de la diversité des matières premières qui la compose.

Aussi, l'aliment pré-ponte a été distribué entre la 17 et la 19^{ème} semaine. Selon TETRA-SL LL (2018), l'alimentation de pré-ponte est une transition de l'alimentation de croissance vers l'alimentation de ponte, avec non seulement une teneur en calcium significativement augmentée, mais aussi un taux plus élevé de chaque nutriment. L'alimentation de pré-ponte doit compenser une plus faible consommation d'aliments qui se produit souvent au début de la production. Pendant cette période, les pondeuses subissent d'importants changements physiologiques. La médullaire des os tubulaires d'une pondeuse, qui permet la calcification de la teneur en calcium de la coque, se développe dans la période de production des œufs.

Les résultats d'analyses physicochimiques ont montré une variabilité des nutriments des différents aliments.

Quant aux aliments de ponte, ils ont été distribués de la semaine 20 à la semaine 53. Le taux d'humidité des aliments a été déterminé puisqu'il limite la durée de conservation des aliments. Dans les aliments T0, T1, T2 et T3, l'humidité est inférieure à la norme O.C.C (1998). Selon cette norme, le taux d'humidité ne devrait excéder 14 % et la matière sèche 86 %. Cet état de siccité est favorable à la conservation des aliments, puisque, dans les produits déshydratés ou fortement séchés, l'activité de l'eau atteint des valeurs suffisamment basses pour interdire le développement d'une forte proportion de micro-organismes (Leyral & Vrielling, 1997).

Les aliments T0 et T1 donnent des valeurs d'humidité élevées par rapport à celles des aliments T2 et T3. Au même moment, ces taux d'humidité sont inférieurs à celui de 12,42 % (Raharinirina, 2017) obtenue dans l'aliment distribué pendant son expérimentation sur l'alimentation protéique et performances des poules pondeuses cas de la souche ISA BROWN, âgées de 21 à 50 semaines. Par ailleurs, les faibles valeurs des cendres traduisent des faibles teneurs en éléments minéraux (macro et microéléments minéraux) des aliments distribués. La supplémentation en éléments minéraux au cours de cette phase physiologique afin de permettre aux poules d'exprimer leurs potentiels génétiques serait la bienvenue.

En ce qui concerne la matière grasse, le dosage est très important dans la mesure où un aliment trop riche en augmenterait l'énergie, donnant l'avantage d'être très énergétique mais présentant l'inconvénient d'être soumis au risque de rancissement en cas de stockage prolongé. Dans l'ensemble, la teneur en matière grasse des aliments est supérieure à celle 1,96 % obtenue dans l'aliment de ponte par (Nesseim, 2005) lors de ses travaux sur la qualité nutritionnelle des

Résultats et discussion

aliments et des matières premières utilisés en aviculture au Sénégal. La teneur est également supérieure à celles de Manassé (1999) et Novogen (2015) qui sont comprises respectivement entre 6,04 et 7,25 % et entre 3 et 6 %. Ces fortes teneurs seraient la conséquence de la technique d'extraction de l'huile des amandes de cajou. La technique d'extraction étant artisanale, le serrage est soumis à l'appréciation du producteur d'où la forte teneur en matière grasse des aliments. Ce qui pourra d'une part limiter la conservation dû au rancissement de l'huile. D'autre part, elle augmentera la graisse abdominale susceptible de réduire l'ingéré des poules. Comme conséquences, il y aura la baisse des performances au cours de la phase de ponte. En outre, ce sont les aliments T1 et T2 qui ont présenté les teneurs les plus élevées en matière grasse.

L'estimation de l'énergie métabolisable à partir des résultats d'analyses donnent des valeurs toutes supérieures à 2700 kcal / kg d'aliment (ISA, 2011) recommandée en ponte. Toutefois, ces résultats sont comparables à ceux 3619,28 et 3705,15 kcal / kg de MS (Manassé, 1999). Les fortes teneurs en énergie métabolisable des aliments seraient dues à un défaut de fabrication. En effet, l'énergie alimentaire provient principalement des hydrates de carbone, mais aussi des matières grasses et des protéines (Huart, 2004 ; Alders, 2005). D'ailleurs, les teneurs élevées sont enregistrées avec les aliments T2 et T3.

Conclusion partielle

La meilleure valorisation des coproduits en alimentation animale nécessite de mettre en place des actions de recherches scientifiques et techniques de façon à améliorer la connaissance de ces nouvelles ressources. Ainsi, le tourteau de cajou produit renferme des éléments nutritifs protéines, matière grasse, énergie métabolisable, vitamines, acides aminés essentiels et minéraux. Ces éléments nutritifs font de lui une matière première valorisable en alimentation animale notamment des poules pondeuses. Par ailleurs, l'incorporation du tourteau de cajou à des taux variables 0 ; 50 ; 95 et 100 % comme principale source de protéines végétales dans les aliments de croissance, pré-ponte et de ponte a permis de produire des aliments riches en éléments nutritifs. Ces éléments, pour la plupart sont nécessaires à la viabilité des poules pondeuses. De plus, le tourteau de cajou permettra au secteur de la production animale, la diversification des matières premières protéiques en Côte d'Ivoire. Il pourra également permettre à la Côte d'Ivoire d'être sur la voie de l'autonomisation en termes de matières premières protéiques longtemps importées. Ce travail se veut d'être poursuivi en vue de nourrir des poulettes et poules pondeuses afin d'évaluer les effets du tourteau de cajou sur les performances zootechniques des volailles notamment poules pondeuses ISA Brown en Côte d'Ivoire.

Chapitre 2 : Effets des aliments à base de tourteau de cajou sur les performances zootechniques des poulettes et poules pondeuses (ISA Brown)

Introduction

Ce chapitre présente les résultats des effets des aliments à base de tourteau de cajou sur les performances zootechniques des pondeuses au cours des différentes phases physiologiques. Ainsi, la croissance moyenne, l'ingestion alimentaire, le gain moyen quotidien, la santé animale, la semaine d'entrée en ponte, nombre d'œufs pondus, poids moyen des œufs, taux de ponte et le taux d'œufs déclassés ont été évalués.

1. Phase de croissance

1.1. Croissance moyenne

Les poids moyens des poulettes ont augmenté de la S7 à S16 quelle que soit l'aliment distribué. A S16, les plus fortes valeurs ont été enregistrées avec les traitements C0 (1325 g) et C2 (1294 g). Les traitements C1 et C3 ont obtenus les plus faibles poids moyens avec respectivement 1181 g et 1090 g (Figure 22).

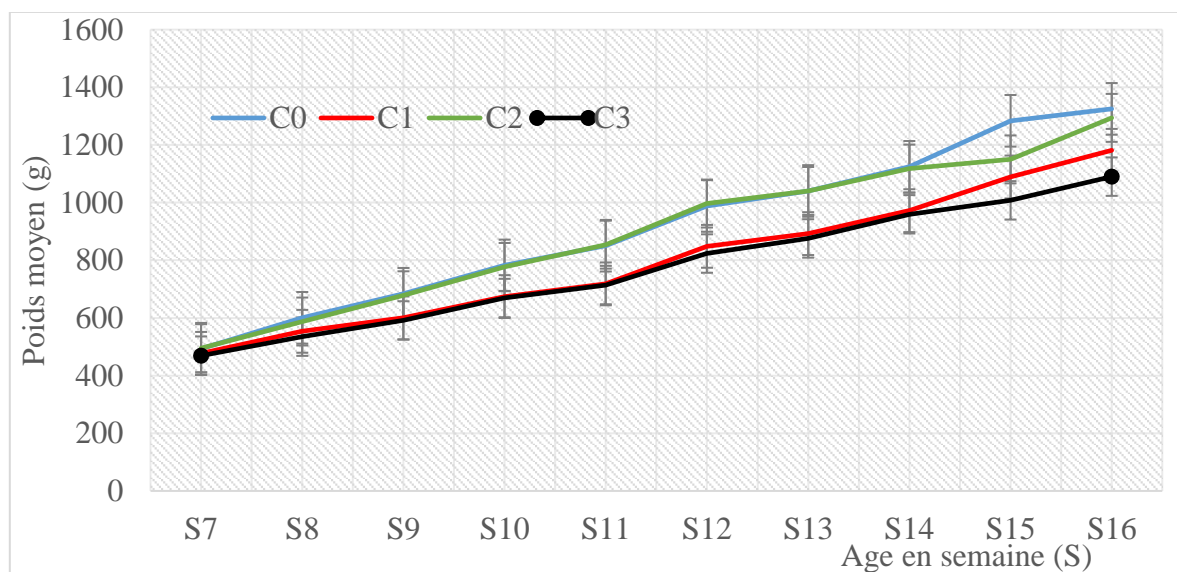


Figure 22 : Croissance moyenne des poulettes

C0 : Aliment avec 0 % tourteau de cajou ; C1 : Aliment avec 100 % tourteaux de cajou ; C2 : Aliment avec 50 % tourteaux de cajou ; C3 : Aliment avec 95 % tourteaux de cajou.

1.2. Ingestion

L'évolution de l'ingestion des aliments est représentée par la figure 23. De la semaine 8 à la semaine 12, l'ingestion des aliments observée dans les lots C0 et C2 a été significativement ($p < 0,05$) supérieure à celles des lots C1 et C3. A partir de la 13^{ème} semaine, l'ingestion des aliments a été améliorée dans les lots C0, C1 et C2 par rapport au lot C3. Dans l'ensemble de l'essai, le faible niveau d'ingestion d'aliment par jour par sujet a été constaté dans le lot C3.

Résultats et discussion

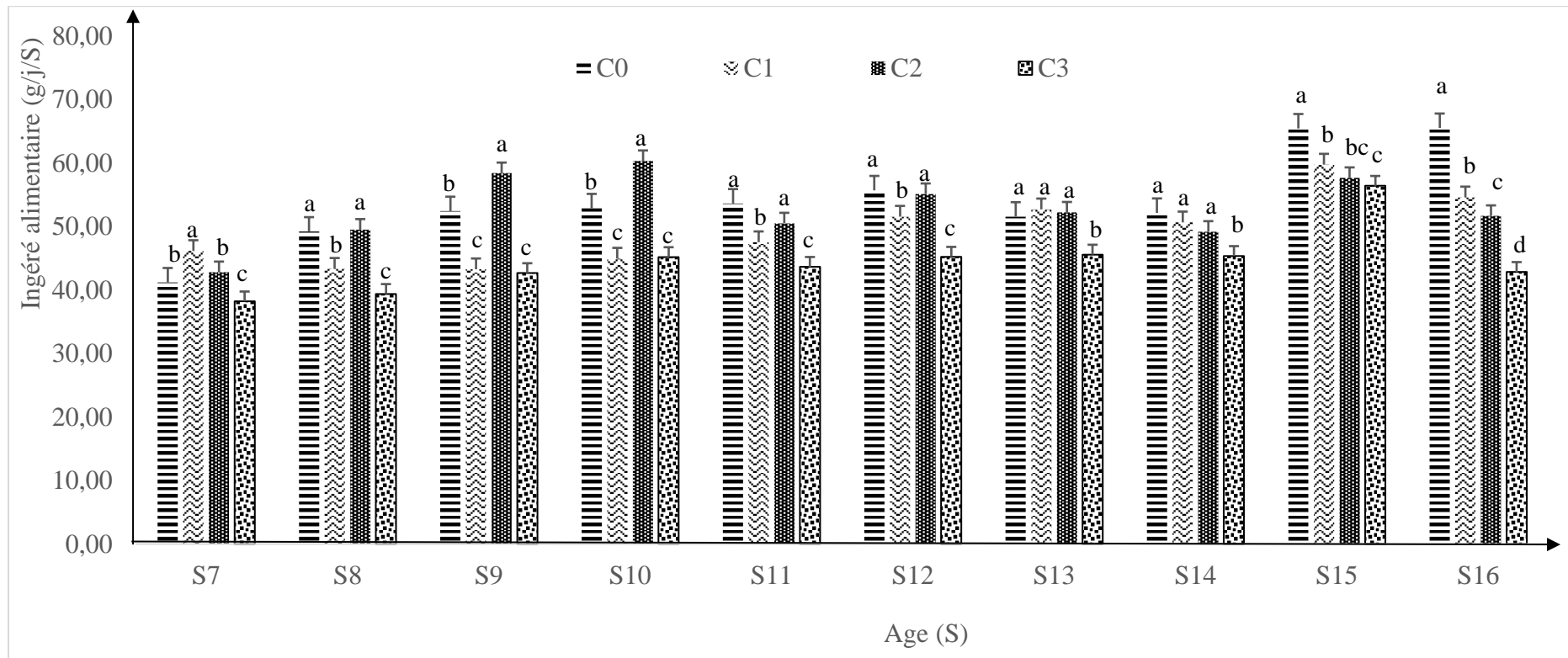


Figure 23 : Evolution des ingérés alimentaires des poulettes pendant la phase croissance

a, b, c, d : Les valeurs affectées de différentes lettres sur la même ligne sont significativement différentes ; C0 : Aliment avec 0 % tourteau de cajou ; C1 : Aliment avec 100 % tourteaux de cajou ; C2 : Aliment avec 50 % tourteaux de cajou ; C3 : Aliment avec 95 % tourteaux de cajou.

1.3. Gain moyen quotidien

L'évolution du GMQ en fonction des traitements est représentée sur la figure 26. A la S8-9-10 et S11-12-13, les GMQ des lots C0 et C2 ont été significativement supérieurs à ceux des lots C1 et C3. A la semaine S14-15-16, le traitement C1 a amélioré le GMQ (13,73 g) par rapport aux traitements C2 (12,07 g) et C3 (10,21 g). Dans l'ensemble de cette phase, le gain moyen quotidien a été de 12 g pour les sujets témoins et C2. Quant au traitement C1, il a été de 8 g et 9 g pour le traitement C3.

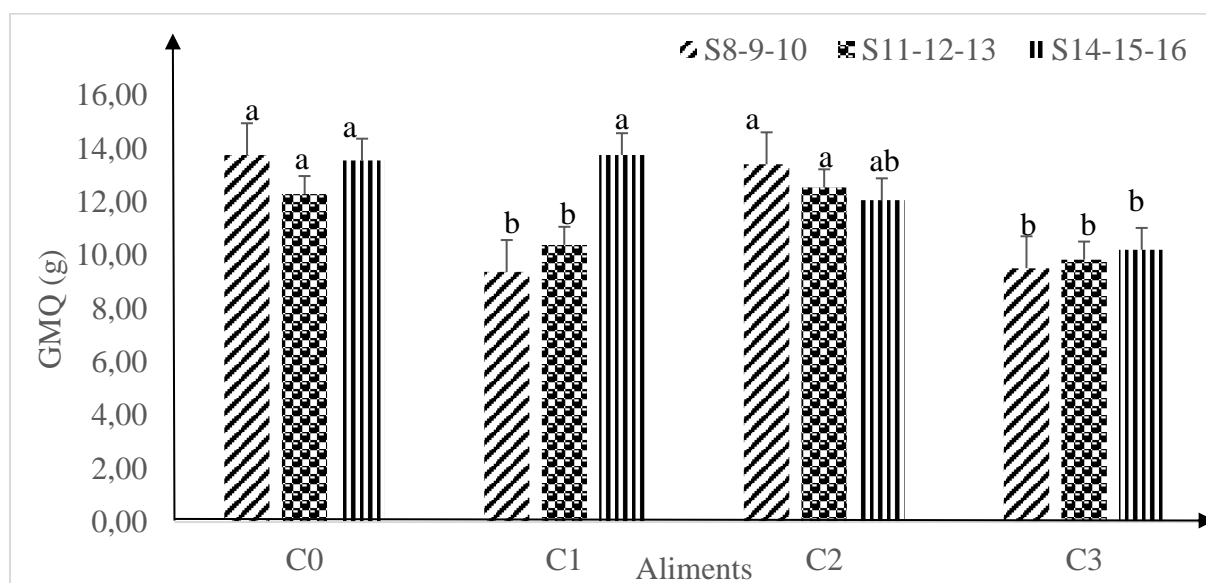


Figure 24: Evolution du GMQ

a, b, c, d : Les valeurs affectées de différentes lettres sur la même ligne sont significativement différentes ; C0 : Aliment avec 0 % tourteau de cajou ; C1 : Aliment avec 100 % tourteaux de cajou ; C2 : Aliment avec 50 % tourteaux de cajou ; C3 : Aliment avec 95 % tourteaux de cajou ; GMQ : Gain moyen quotidien.

1.4. Efficacité alimentaire (IC)

Au cours de la phase de croissance, l'évolution des indices de consommation sont présentés sur la figure 25. De S7 à S12, les poulettes recevant le traitement C0 valorisent mieux l'aliment par rapport aux lots nourris avec les aliments C1, C2 et C3. A partir de la S12, l'aliment C2 a été le mieux valorisé. Dans l'ensemble, les indices de consommation ont varié allant de 6 pour atteindre des valeurs inférieures à 3 à S16. Toutefois, C2 (2,27) valorise mieux l'aliment par rapport aux traitements C0 (2,74), C1 (2,49) et C3 (2,57).

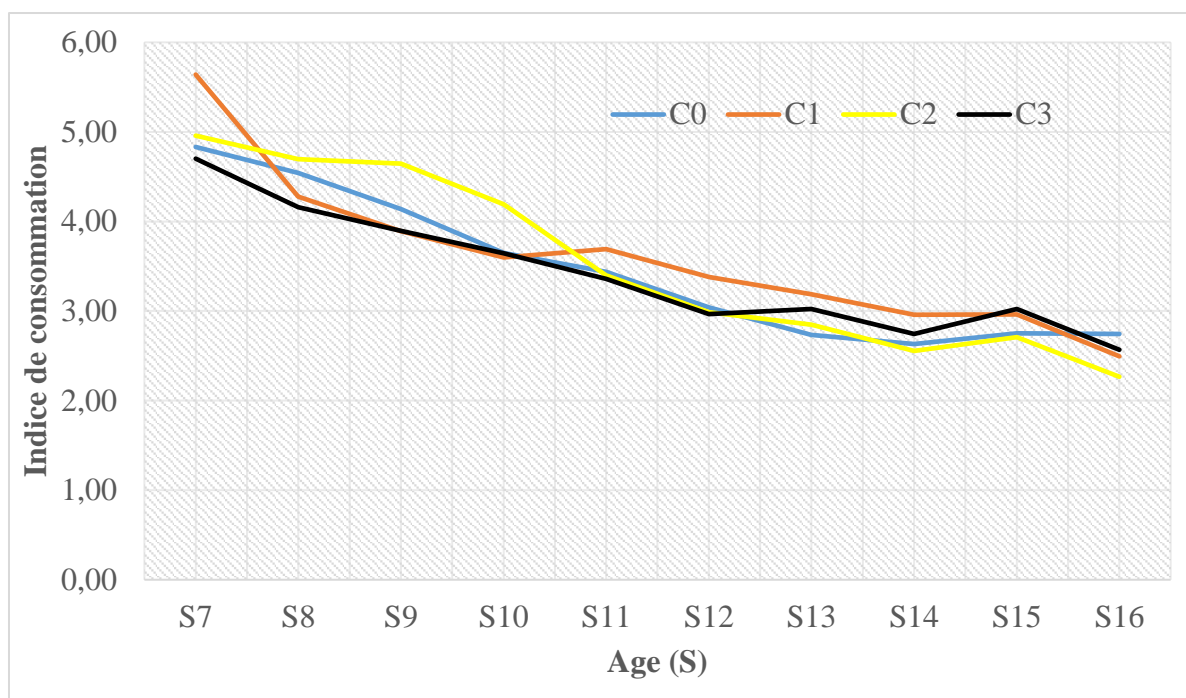


Figure 25 : Evolution des indices de consommation

C0 : Aliment avec 0 % tourteau de cajou ; C1 : Aliment avec 100 % tourteaux de cajou ; C2 : Aliment avec 50 % tourteaux de cajou ; C3 : Aliment avec 95 % tourteaux de cajou.

1.5. Santé animale (mortalité)

Durant la phase de croissance, dans l'ensemble, aucune anomalie n'a été constatée quel que soit le lot de poulettes soumises aux aliments. Aucune mortalité n'a été également enregistrée durant les essais.

2. En phase de pré-ponte

2.1. Consommation moyenne d'aliment

A la fin de la 19^{ème} semaine (S19), les poulettes du lot recevant l'aliment H0 (78,97 g / j / sujet) ont affiché une meilleure consommation moyenne d'aliment par rapport à celles des lots H1 (65,40 g / j / sujet), H2 (74,81 g / j / sujet) et H3 (57,23 ± 3,75 g / j / sujet). Sur le plan statistique, il n'y a aucune différence entre la consommation moyenne d'aliment des poulettes des lots H0 et H2 d'une part et celle des poulettes des lots H1 et H3 d'autre part. toutefois, l'analyse statistique a révélé une différence significative ($p < 0,05$) entre les consommations moyennes d'aliment (figure 26).

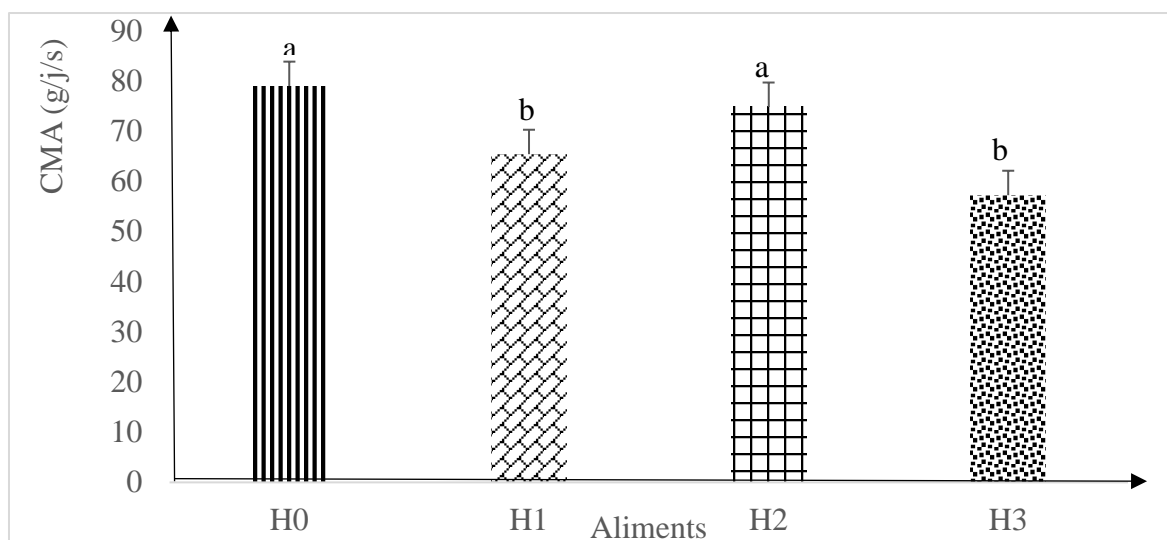


Figure 26 : Consommation moyenne d'aliment à la fin de la phase de pré-ponte

a, b : Les valeurs affectées de différentes lettres sur la même ligne sont significativement différentes ; H0 : 0 % de tourteau de cajou ; H1 : 100 % tourteaux de cajou ; H2 : 50 % tourteaux de cajou ; H3 : 95 % tourteaux de cajou ; CMA : Consommation moyenne d'aliment.

2.2. Indice de consommation

La figure 27 présente l'indice de consommation des poulettes durant la phase pré-ponte. Les poulettes du traitement H3 (IC = 2,12) valorisent mieux l'aliment par rapport aux poulettes du traitement H0 (2,47), du traitement H1 (2,51) et du traitement H2 (2,42). Sur le plan statistique, les indices de consommation des différents lots ont présenté une différence significative ($P < 0,05$) entre eux. Les poulettes du lot H3 ont présenté un meilleur indice de consommation.

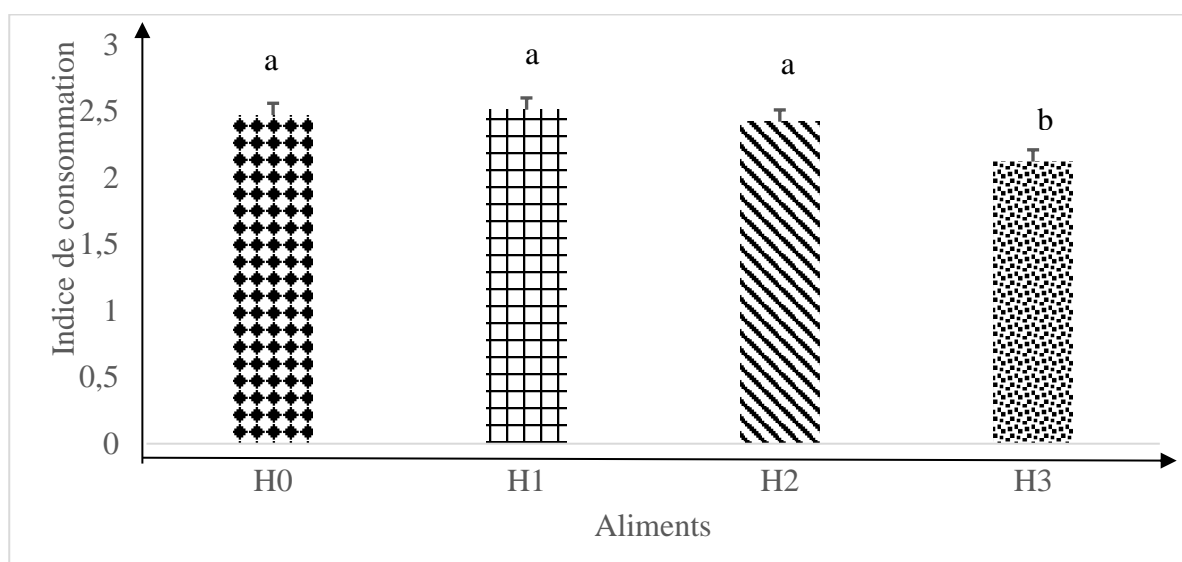


Figure 27 : Indice de consommation

a, b : Les valeurs affectées de différentes lettres sur la même ligne sont significativement différentes ; H0 : 0 % de tourteau de cajou ; H1 : 100 % tourteaux de cajou ; H2 : 50 % tourteaux de cajou ; H3 : 95 % tourteaux de cajou ;

2.3. Gain moyen quotidien (GMQ)

L'évolution du GMQ pendant la phase de pré-ponte est représentée sur la figure 30. A la dix-huitième semaine, les GMQ enregistrés avec les traitements H1 et H3 ont été significativement supérieurs à ceux des traitements H0 et H2. A la dix-neuvième semaine, le traitement H3 a amélioré le GMQ par rapport aux traitement H0, H1. Les aliments H1 (22,81 g/j) et H3 (22,46 g/j) ont amélioré le GMQ à la semaine dix-huit tandis que l'aliment H3 a amélioré le GMQ (15,29 g/j) de ce lot à la semaine dix-neuf.

Dans l'ensemble, le GMQ a été de 10,18 g/j pour le lot nourrit avec H0 et H2 9,99 g/j et 12,48 g/j les poulettes du lot H1 et 13,10 g/j pour les oiseaux nourris avec l'aliment H3.

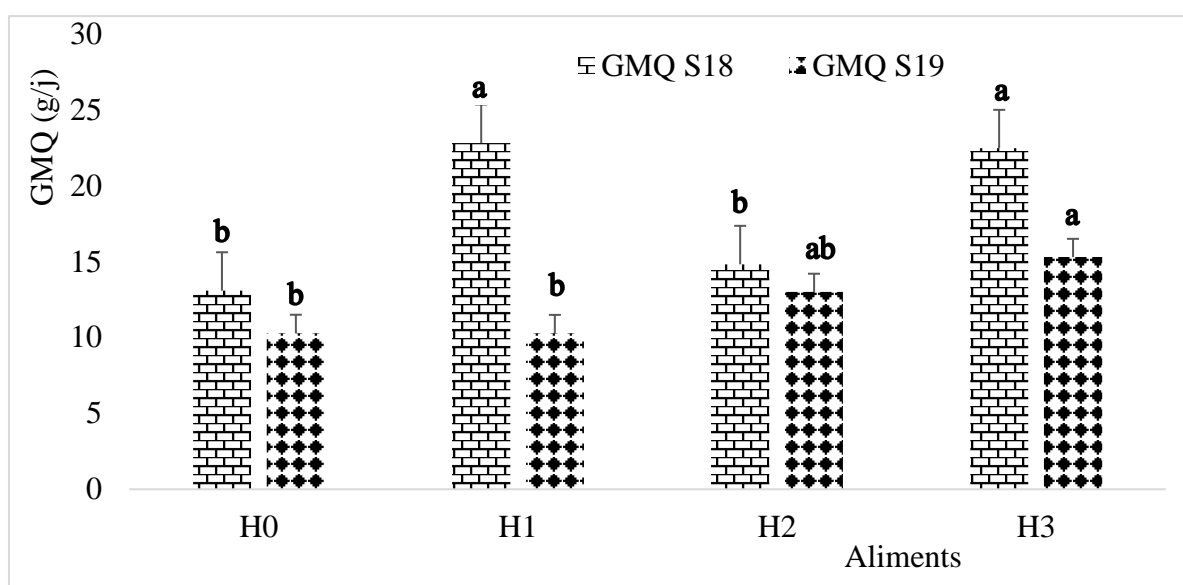


Figure 28: Evolution des gain moyen quotidien (GMQ) au cours de la phase pré-ponte

a, b : Les valeurs affectées de différentes lettres sur la même ligne sont significativement différentes ; H0 : 0 % de tourteau de cajou ; H1 : 100 % tourteaux de cajou ; H2 : 50 % tourteaux de cajou ; H3 : 95 % tourteaux de cajou ;

2.4. Santé (mortalité)

Au-cours de la phase pré-ponte, dans l'ensemble aucune anomalie n'a été constatée quelles que soient les poulettes soumises aux aliments. Aucune mortalité n'a été enregistrée durant les essais.

2.5. Croissance pondérale

La figure 29 présente l'évolution du poids moyen des poulettes au cours de la phase pré-ponte. Au cours de la phase de pré-ponte, le poids moyen des poulettes a varié dans tous les lots. Le poids moyen des poulettes nourries avec l'aliment H0 a varié, allant de 1359 g à la semaine 17 pour atteindre 1518 g à la fin de la semaine 19. Ceux des lots recevant les aliments H1, H2 et H3 étaient respectivement compris entre 1149 et 1280 g, 1357 et 1482 g et 1167 et

1331g. L'analyse statistique n'a révélé aucune différence significative entre les lots H0 et H2. Il en est de même entre les poids moyens des poulettes des lots H1 et H3 au seuil de 5 %. Les plus faibles poids moyens ont été enregistrés dans le lot H1.

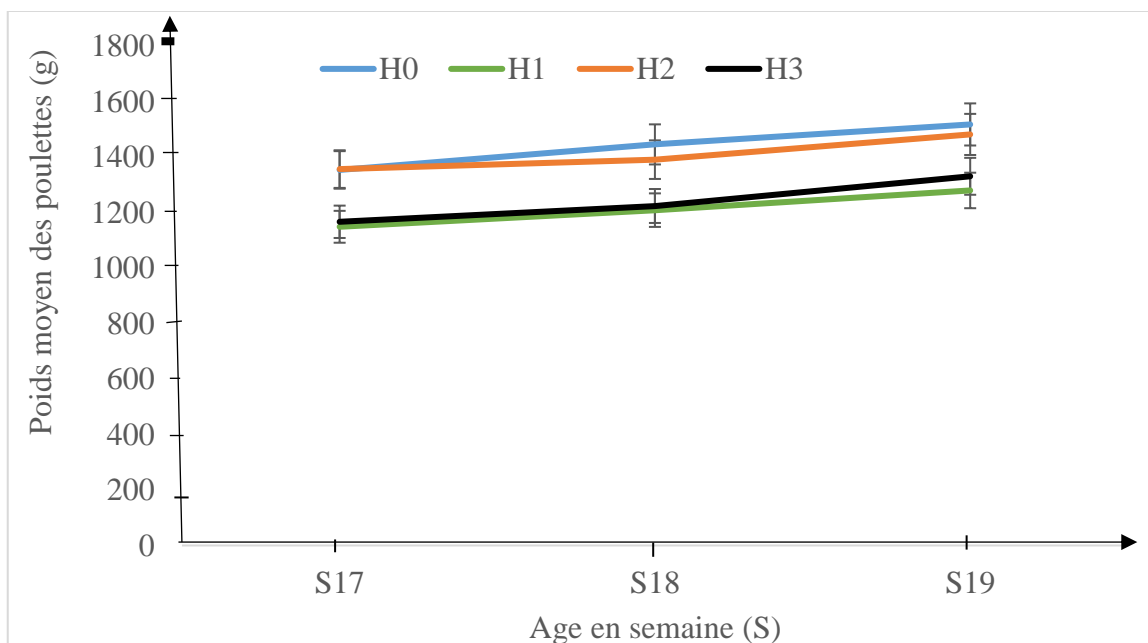


Figure 29 : Evolution du poids moyen des poulettes au cours de la phase pré-ponte

H0 : 0 % de tourteau de cajou ; H1 : 100 % tourteaux de cajou ; H2 : 50 % tourteaux de cajou ; H3 : 95 % tourteaux de cajou ;

3. En phase de ponte

3.1. Semaine d'entrée en ponte

La ponte a duré 33 semaines. Au cours de cette phase, l'entrée en ponte a différé d'un lot à un autre. Ainsi, l'entrée en ponte des poules des lots T0 et T2 a été la 20^{ème} semaine d'âge. Les lots T1 et T3 ont pondu les premiers œufs la 22^{ème} et 23^{ème} semaine respectivement.

3.2. Ingéré alimentaire

Les quantités d'aliment ingérées par les poules des lot T0 et T2 ont été supérieures à celles des lots T1 et T3 de la semaine 20 à la semaine 51. Cette différence est significative. A partir de la semaine 50, l'aliment T1 a été le mieux consommé par les poules de ce lot par rapport aux aliments T0, T2 et T3. Toutefois, à partir de la 3^{ème} semaine, une baisse de la consommation a été constatée dans les lots T0 et T2 jusqu'à la fin des expérimentations. Par contre, dans les lots T1 et T3, bien que des faibles niveaux de consommation soient enregistrées en début d'expérimentation, une augmentation de la consommation a été observée à partir de la 40^{ème} semaine jusqu'à la fin des expérimentations (Figure 30).

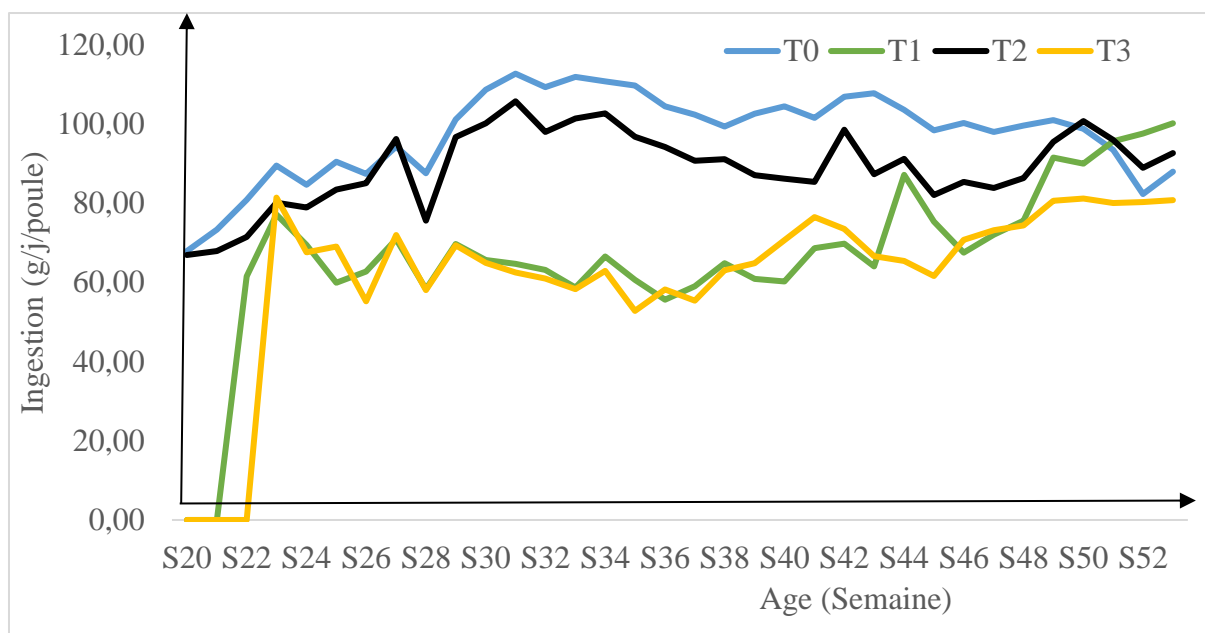


Figure 30 : Evolution des aliments consommés au cours de la ponte

T0 : 0 % de tourteau de cajou ; T1 : 100 % tourteaux de cajou ; T2 : 50 % tourteaux de cajou ; T3 : 95 % tourteaux de cajou

3.3. Indice de consommation

Sur la figure 31 est présentée l'indice de consommation des poules en période de ponte. L'indice de consommation des poules a varié dans l'ensemble. Il part des valeurs élevées à l'entrée en ponte pour atteindre des valeurs plus faibles.

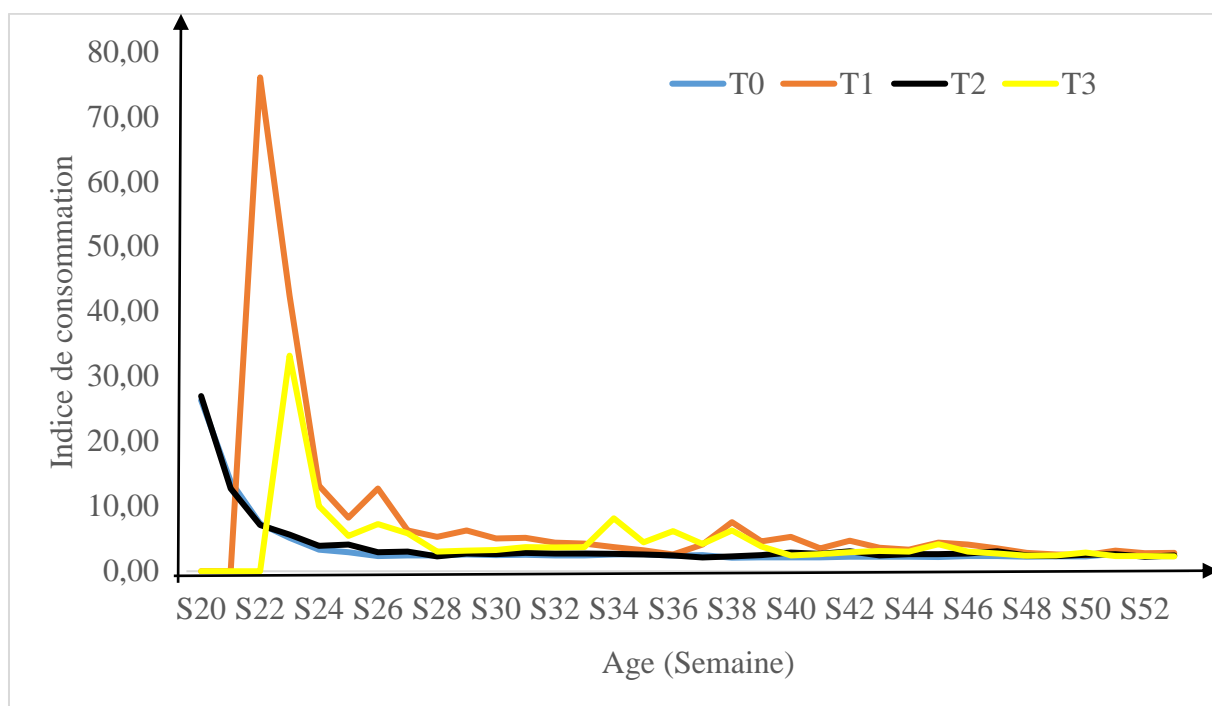


Figure 31 : Evolution des indices de consommation durant la ponte

T0 : 0 % de tourteau de cajou ; T1 : 100 % tourteaux de cajou ; T2 : 50 % tourteaux de cajou ; T3 : 95 % tourteaux de cajou

3.4. Nombre d'œufs pondus

Le nombre d'œufs pondus a évolué de la 20^{ème} semaine à la fin des expérimentations (semaine 53). Les lots T0 et T2 ont présenté dans l'ensemble le nombre d'œufs pondus les plus élevés. Les lots T1 et T3 ont eu le nombre d'œufs pondus relativement faible. Sur le plan statistique, le nombre d'œufs pondus par lot a varié significativement d'un lot à un autre. Les poules du lot T1 ont présenté les plus bas nombres moyens d'œufs pondus. T0 a enregistré le nombre le plus élevé (Figure 32).

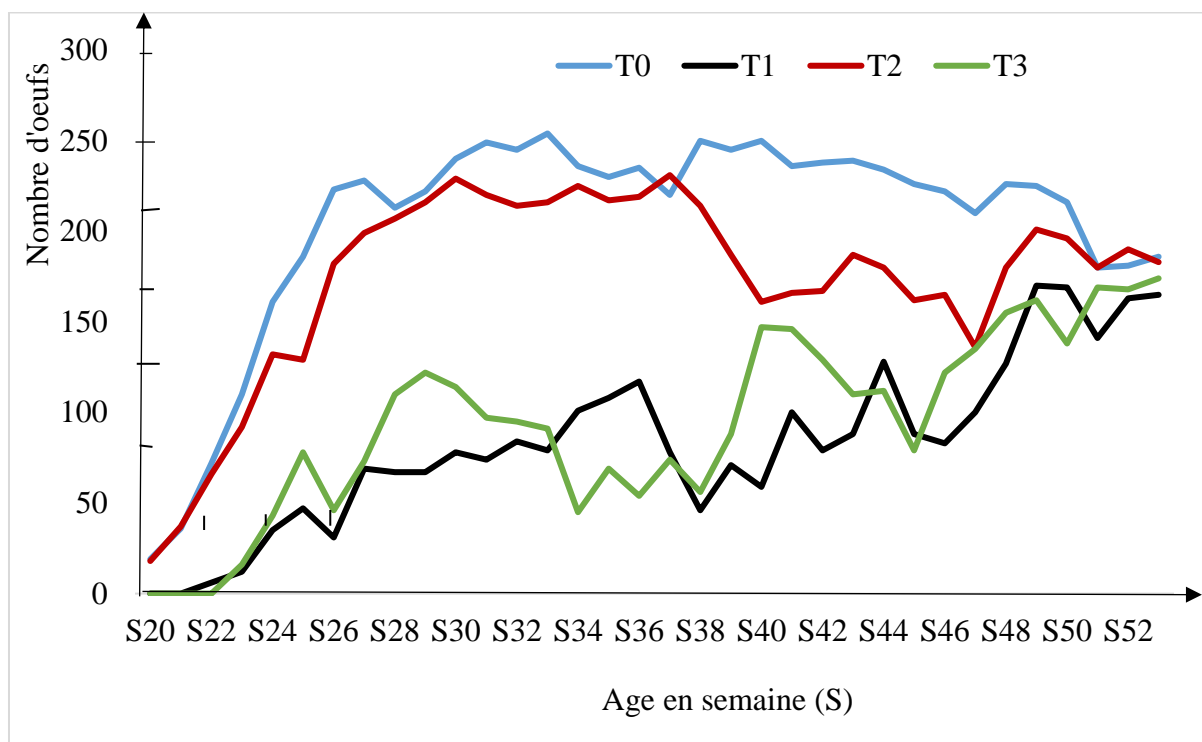


Figure 32: Nombre d'œufs pondus

T0 : 0 % de tourteau de cajou ; T1 : 100 % tourteaux de cajou ; T2 : 50 % tourteaux de cajou ; T3 : 95 % tourteaux de cajou

3.5. Poids moyen des œufs

A l'entrée en ponte, les poids moyens des œufs des lots T0 et T2 ont été respectivement de 42 g et 44 g. Quant aux lots T1 et T3, les poids moyens ont été respectivement de 43 g et de 48 g. L'analyse statistique a révélé une différence significative entre le poids moyens des œufs du lot T3 et ceux des lots T0, T1 et T2 au seuil de 5 % à l'entrée en ponte des poules. De la semaine 23 à la semaine 45, le poids moyen des œufs du lot T0 a été supérieur a ceux des lots T1, T2 et T3. À partir de la semaine 45, les poids moyens des œufs des lots T1 et T3 ont été les plus élevés. Durant cette phase, les faibles poids moyens des œufs ont été observés dans le lot T2. Dan l'ensemble le poids moyen des œufs a augmenté avec l'âge (figure 33).

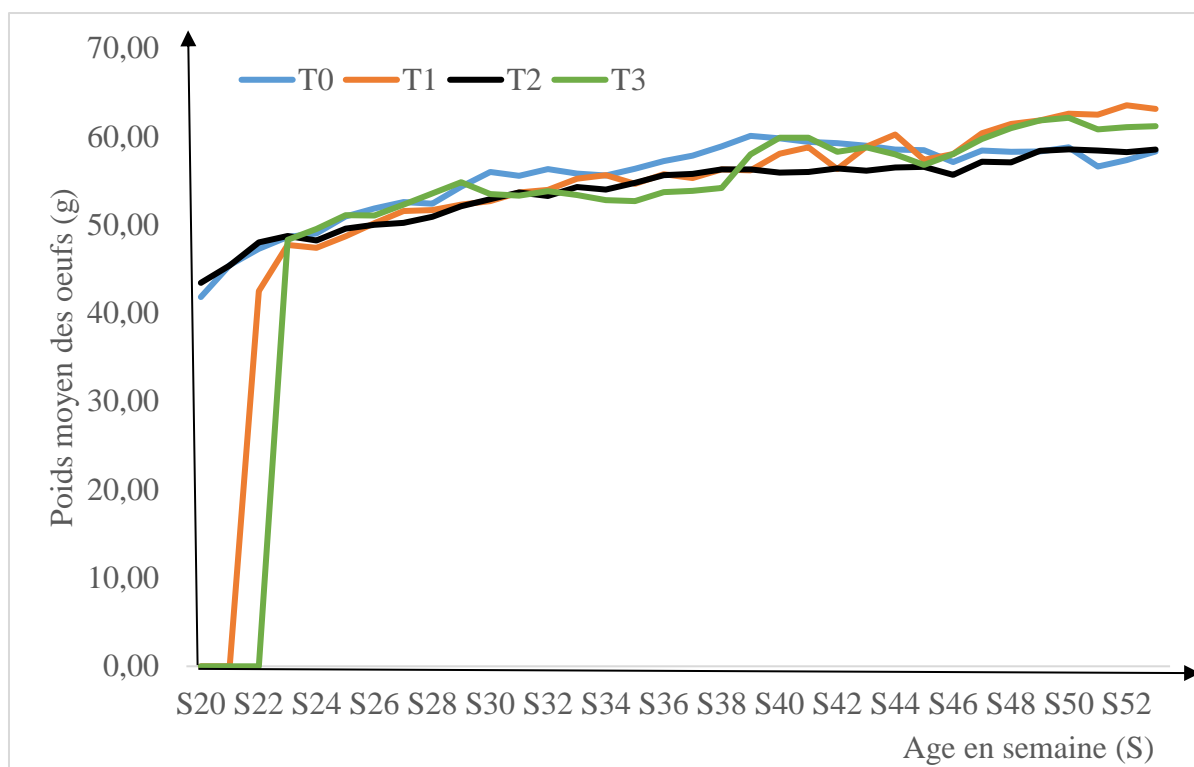


Figure 33 : Evolution des poids moyen des œufs

T0 : 0 % de tourteau de cajou ; T1 : 100 % tourteaux de cajou ; T2 : 50 % tourteaux de cajou ; T3 : 95 % tourteaux de cajou

3.6. Taux de ponte

Le taux de ponte a varié dans tous les lots. Les courbes de ponte des poules des lots T0 et T2 ont été supérieures à celles des lots T1 et T3 au cours de la ponte (S20 à S53). Les faibles productions ont été obtenues avec les traitements T1 et T3. Le pic de ponte a été atteint à la 32^{ème} semaine (81 %) avec le traitement T0. Il a été observé à la 37^{ème} semaine dans le lot T2 (73,33 %). Quant aux traitements T1 et T3, la ponte a été progressive. L'analyse statistique a révélé une différence significative ($p \leq 0,05$) entre les taux de ponte des poules ayant reçu les aliments. Le taux le plus élevé est obtenu par T0. Il est suivi de T2. L'aliment T1 a enregistré le taux de ponte le plus faible (Figure 34).

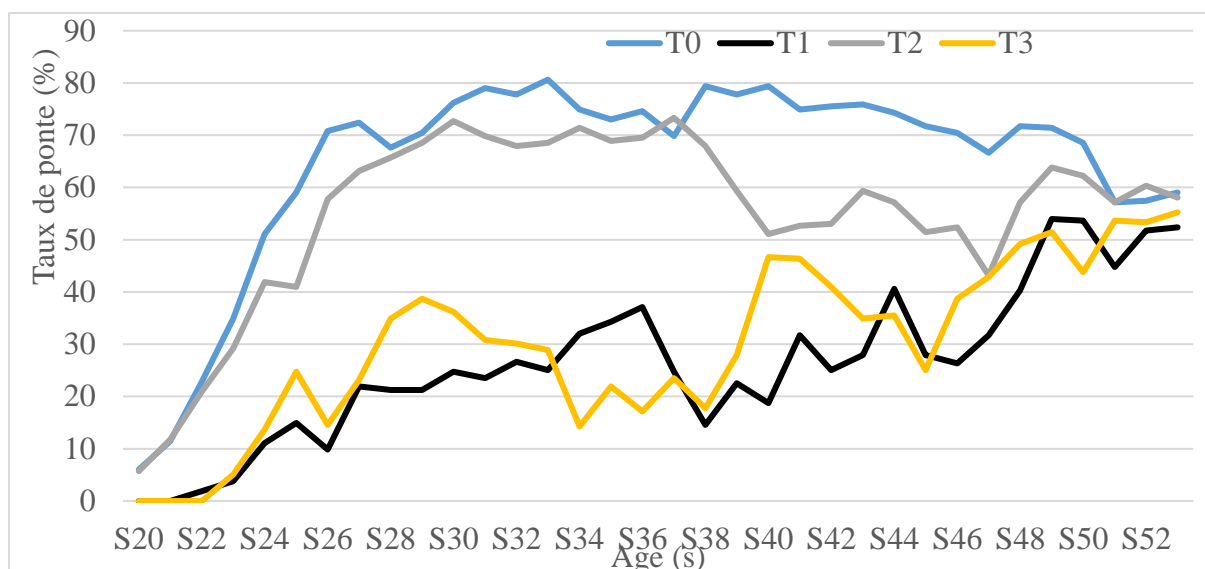


Figure 34 : Evolution de la ponte

T0 : 0 % de tourteau de cajou ; T1 : 100 % tourteaux de cajou ; T2 : 50 % tourteaux de cajou ; T3 : 95 % tourteaux de cajou

3.7. Taux d'œufs déclassés

Le taux d'œufs déclassés a été de 6,18 % pour le lot T1. Quant aux lots T0, T2 et T3, le taux d'œufs déclassés a été de 4,58 %, 4,42 % et T3 3,94 % (Figure 35). L'analyse statistique a révélé une différence significative ($p < 0,05$) entre les taux d'œufs déclassés. Toutefois, le taux élevé a été enregistré avec le lot T1. Le faible taux a été observé avec le lot nourri avec l'aliment T3.

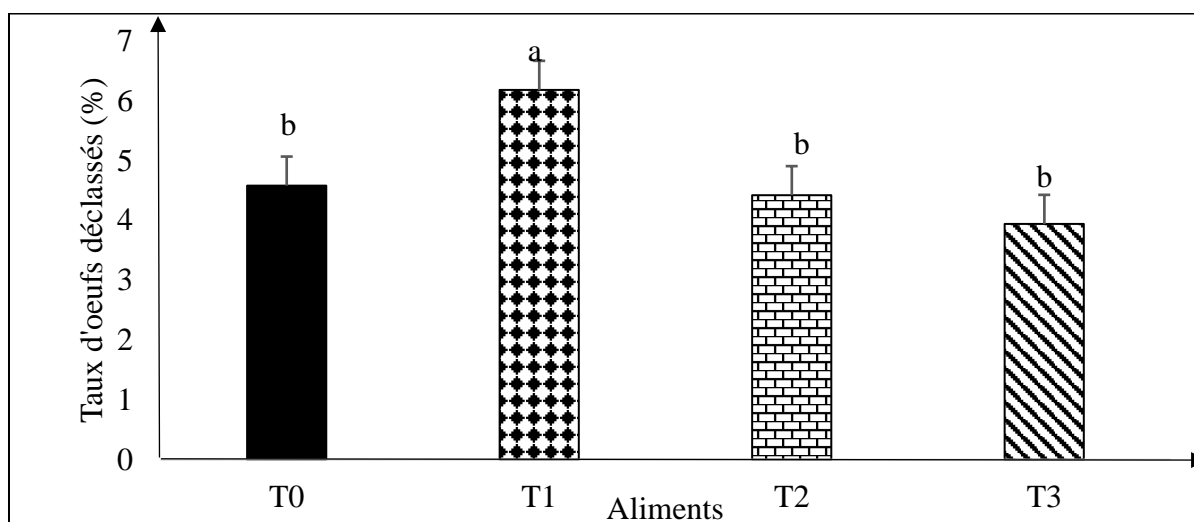


Figure 35 : Œufs déclassés

a, b : Les valeurs affectées de différentes lettres sur la même ligne sont significativement différentes ; T0 : 0 % de tourteau de cajou ; T1 : 100 % tourteaux de cajou ; T2 : 50 % tourteaux de cajou ; T3 : 95 % tourteaux de cajou.

3.8. Santé (taux de mortalité)

La figure 36 présente l'évolution de la mortalité des poules en période de ponte. Le taux de mortalité des poules du lot recevant l'aliment T0 a été de 8,88 %. Ceux des poules des lots T3, T1 et T2 étaient respectivement de 4,44 ; 6,66 et 11,11 %. Le traitement T2 a enregistré le taux le plus élevé avec 11,11 %.

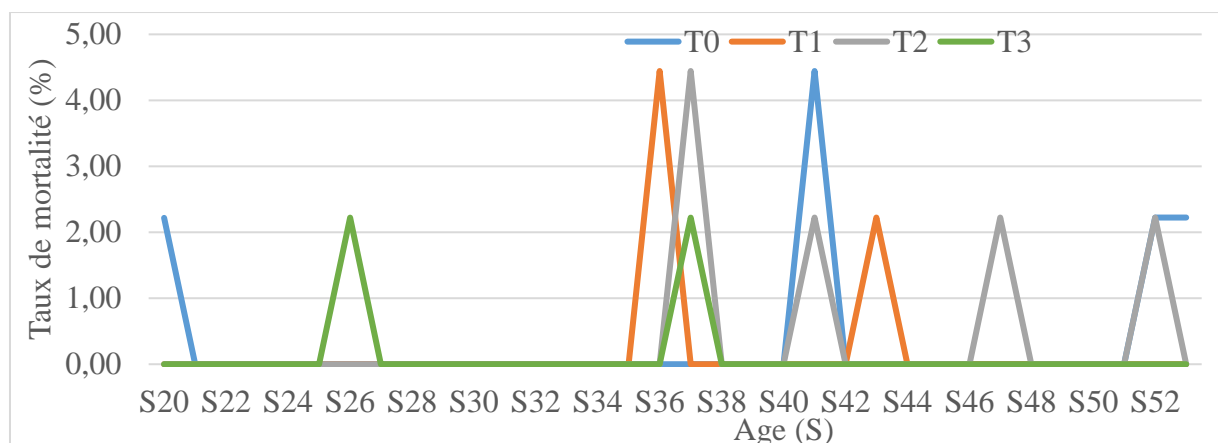


Figure 36 : Evolution de la mortalité en phase de ponte

T0 : 0 % de tourteau de cajou ; T1 : 100 % tourteaux de cajou ; T2 : 50 % tourteaux de cajou ; T3 : 95 % tourteaux de cajou

2. Discussion

La soumission des poules aux différents aliments a permis d'évaluer leurs effets sur les performances zootechniques des volatiles. Ainsi, à la phase croissance (semaine 7 à la semaine 16), les poulettes expérimentales ont été nourries avec des aliments dites de croissance. Les paramètres zootechniques des poulettes nourries avec ces aliments ont été évalués. Selon Silué *et al.* (2020), la croissance ou la production d'un animal s'apprécie par son gain de poids et ses performances au cours de son cycle de vie. La ration journalière qui est la quantité moyenne d'aliment consommée par chaque lot de poulettes y contribue fortement. Le faible niveau d'ingestion des aliments C1 et C3 pourrait s'expliquer par un taux d'incorporation élevé du tourteau de cajou. Dans ces aliments, le taux d'incorporation du tourteau de cajou dépassant 95 %, a développé un comportement de triage chez les poulettes du fait de l'appétence du tourteau de cajou. Selon Ganchrow *et al.* (1990), des goûts marqués peuvent néanmoins modifier le comportement alimentaire. Aussi, le refus des deux aliments (C1 et C3) était en partie bondés de maïs ce qui justifierait les tris adoptés par les poulettes. La coloration et le goût du tourteau de cajou ont eu à modifier le comportement alimentaire des poulettes. Pour les poulettes, les régimes à grains grossiers (« structurés») sont les plus appropriés, bien que les aliments excessivement grossiers conduisent à une alimentation sélective, alors qu'une structure

d'alimentation trop fine entraîne une alimentation réduite et, par conséquent, une nutrition inégale dans les deux cas (TETRA-SL LL, 2018).

L'efficacité alimentaire se traduit essentiellement par l'évaluation de l'indice de consommation (IC). Dans la présente étude, aucune différence significative n'a été observée entre les indices de consommation des différents aliments. Cela est un bon indicateur d'une alimentation équilibrée au niveau de tous les nutriments nécessaires à la santé et au bon développement des volailles.

En addition, la croissance pondérale des poulettes a été évaluée. Le poids moyen des poulettes nourries avec les aliments C0 (témoin) et C2 (50 % tourteaux de cajou) ont été significativement ($p < 5 \%$) plus élevés que ceux des poulettes nourries avec les aliments C1 et C3. Cependant, entre les lots C0 et C2, aucune différence significative ($p \geq 5 \%$) n'a été observée, de même entre les lots C1 et C3. Les poids moyens corporels des poulettes ayant subi les différents traitements ont augmenté chaque semaine au cours de la phase croissance. Ces valeurs sont inférieures à la recommandation ISA Brown (1370 à 1470 g). Toutefois, les poids moyens des lots C0 et C2 sont supérieurs à ceux obtenus par Toussou *et al.* (2019) avec les souches Harco (1243 g), ISA Brown (1177 g) et Lohman (1142 g). Quant aux lots C1 et C3 les poids moyens des poulettes sont comparables à ceux obtenus par Enouheran (2017). Cet auteur a obtenu à S15 (1033 à 1171,50 g) pour des niveaux d'incorporation de la poudre des feuilles de *Moringa oléifera* dans les rations de poules pondeuses ISA Brown. Les faibles résultats enregistrés avec les lots C1 et C3 pourraient s'expliquer par le faible niveau de consommation des poulettes de ces lots. Selon Beaumont *et al.* (2010), l'alimentation des poulettes influence leur courbe de croissance et donc leur poids vif et leur composition corporelle au moment de l'entrée en ponte. Les poulettes n'ayant pas consommées le maximum d'aliment ont eu une courbe d'évolution plus faible par rapport à celles ayant consommé le plus d'aliment chaque jour. Ainsi, l'alimentation des poulettes a une influence sur leur croissance pondérale.

Le gain moyen quotidien (GMQ) sert à évaluer la croissance d'un animal à différents moments de sa vie. Les GMQ ont varié d'un traitement à l'autre et d'une période à une autre. Les GMQ des poulettes soumises aux aliments C0 et C2 sont supérieurs aux valeurs 10,0 g / j (ESPOIR) obtenues par Hien *et al.* (2018), lors de leurs études sur l'effets d'une ration à base de la variété de maïs « Espoir » sur la productivité des poulettes. Les valeurs moyennes de GMQ obtenus avec les aliments C3 et C1 sont similaires à celles de SR21 et CPAVI (9,0 g / j) (Hien *et al.*, 2018). Le GMQ sert à comparer les performances des races entre elles. C'est un indicateur de croissance des animaux. La croissance enregistrée au niveau des poulettes

nourries avec les aliments C0 et C2 montre une bonne assimilation des formulations mises à leur disposition comparativement aux lots nourris avec les aliments C1 et C3.

La phase pré-ponte, quant à elle a duré de la 17^{ème} à la 19^{ème} semaine. Au cours de cette phase physiologique, la consommation moyenne d'aliment par jour par sujet a oscillé entre 57,23 et $78,97 \pm 2,11$ g / j / sujet. Au regard de ces tendances, elles s'éloignent de la recommandation de 85 – 91 g / j / sujet (Hy-Line Brown, 2018). Les faibles valeurs enregistrées dans la présente étude pourraient s'expliquer par des erreurs dues à une sous-alimentation ou même à une alimentation déséquilibrée et carencée provoquant des compétitions entre les oiseaux. En effet, les poulettes soumises aux régimes à niveau élevé du tourteau de cajou ont adopté un comportement de triage dus à un défaut dans la formulation et la fabrication des aliments expérimentaux. Des niveaux élevés du tourteau de cajou dans les aliments augmenteraient le risque de distinction des couleurs de cette autre matière première. La perception visuelle des particules alimentaires par les volailles est d'abord une observation rapprochée des détails par un œil impliqué dans plusieurs tâches simultanées, plus ou moins spécialisées selon le côté, et qui perçoit des couleurs légèrement différentes de celles vues par l'Homme. Ce qui a engendré le tri de cette autre matière première, laissant dans les mangeoires le maïs jaune. Aussi, l'appétence du tourteau de cajou par rapport aux autres composantes serait une autre cause de faible niveau de consommation des aliments. Des goûts marqués peuvent modifier le comportement alimentaire (Ganchrow *et al.*, 1990). Comme conséquence imminente de la sous consommation des aliments il y a une hétérogénéité prononcée, un retard d'entrée en ponte et une sous-production.

Chez les poulettes ayant reçues l'aliment H2, un poids moyen de 1481 g, à la fin de la phase de pré-ponte (S19) et statistiquement identique à celui du lot H0 (1517 g) a été obtenue. Quant aux poulettes recevant les aliments contenant des teneurs élevées de tourteaux de cajou (≥ 95 %) les poids moyens (1330 g (H3) et 1280 g (H1)) s'éloignent du lot témoin (H0). Toutefois, ces valeurs sont supérieures à celle obtenue par Dongmo *et al.* (1993) qui est de 1239,0 g avec un aliment à base de tourteau de coton (TC) au cours de leurs études sur l'utilisation du tourteau de coton dans l'alimentation des volailles. En outre, les poids moyens des lots (H1, H2 et H3) s'éloignent des valeurs de référence (1518 - 1612 g) (LOHMANN, 2021). Ces faibles valeurs pourraient s'expliquer en partie par le fait d'une sous-consommation des aliments dans tous les lots. Selon Beaumont *et al.* (2010), l'alimentation de la poulette influence sa courbe de croissance et donc son poids vif et sa composition corporelle au moment de l'entrée en ponte. Par là même, elle peut modifier les caractéristiques ultérieures de sa production d'œufs.

Par ailleurs, l'uniformité et la pesée régulière sont essentielles. Pendant la période de croissance et jusqu'à ce que la production maximale soit atteinte, une pesée régulière doit être effectuée. La mesure se fait toujours à la même heure du même jour de la semaine. Les changements de poids corporel et d'homogénéité de l'élevage fournissent des informations sur le développement normal des pondeuses (TETRA-SL LL, 2018). Aussi, la pesée à intervalles fréquents permettra de déterminer le moment où les poules s'écartent de la norme et ainsi de poser le bon diagnostic afin que les mesures correctives appropriées soient prises (Lohmann, 2006).

Les gains moyens quotidiens (GMQ) enregistrés des lots H0 et H2 sont statistiquement ($P > 0,05$) identiques et inférieurs aux GMQ des lots H1 et H3. Les valeurs élevées de GMQ des lots H1 et H3 pourraient s'expliquer par l'efficacité des éléments nutritifs des aliments H1 et H3. Ces aliments sont pauvres en fibres brutes avec $4,49 \pm 0,21$ % (H1) et $4,85 \pm 0,14$ % (H3). Le niveau de fibres brutes dans une ration va d'une part tendre à abaisser la quantité d'énergie métabolisable et d'autre part va jouer sur la digestibilité de l'aliment ainsi que sur sa vitesse de transit dans le tube digestif (Nesseim, 2005).

Par ailleurs, pendant la période d'élevage, le taux de mortalité dans l'ensemble a été nul. Aucune anomalie n'a été constatée quelles que soient les poulettes soumises aux aliments. Le tourteau de cajou contient des éléments nutritifs augmentant la viabilité des poulettes. Des résultats similaires sont enregistrés par Silué *et al.* (2020) lors de leurs expérimentations sur les performances zootechniques, économiques et qualité physique des œufs des poules soumises à des régimes alimentaires apportant différentes concentrations (R10 : 10 %, R15 : 15 % et R20 : 20 % tourteaux de cajou) de tourteau d'amandes de noix de cajou (Côte d'Ivoire). Pour ces auteurs, le tourteau d'amandes de noix de cajou ne contiendrait pas de facteurs antinutritionnels létaux pour la volaille ; ce qui est justifié par la présente étude. Malgré les taux d'incorporation élevés (50, 95 et 100 %) pour les tourteaux de cajou comme principale source de protéines, le taux de mortalité est resté nul. L'incorporation du tourteau de cajou dans les formulations existantes permettra de combler le manque en certains éléments nutritifs (protéines, acides aminés, vitamines....) susceptibles d'améliorer la viabilité et voire la production des poules pondeuses.

La ponte a duré de la semaine 20 à la semaine 53. Au cours de cette phase, les poules ont été soumises à un aliment dit de ponte. L'entrée en ponte est la semaine où le premier œuf est ramassé dans chaque lot. Elle a varié d'un lot à un autre et donc d'une formulation à une autre. Ainsi, les lots T0 et T2 ont été les premiers à entrer en ponte (20^{ème} semaine). Les lots T1 et T3 sont entrés en ponte la 22^{ème} et la 23^{ème} semaine respectivement. Cette variation des

semaines d'entrée en ponte serait la conséquence de la non-maîtrise de plusieurs points clés pendant les phases physiologiques précédentes (croissance et pré-ponte) de l'élevage. Les aliments croissance et pré-ponte distribués seraient trop riches en énergie métabolisable ce qui a entraîné la diminution des ingérés dans les lots. Comme conséquence directe, il y a la diminution des performances de croissance (Ingéré d'aliment, poids corporel, gain moyen quotidien, Indice de consommation,...).

Par ailleurs, la consommation d'aliment a été influencée par la formulation. Les aliments T0 et T2 ont été plus appréciés des poules que les aliments T1 et T3. Ces niveaux de consommation pour la plupart sont inférieurs à ceux compris entre 88,5 et 89,8 g / j / poule rapporté par Omri Nat (2018) de son étude sur l'impact du fenugrec sur les performances de ponte, la qualité physico-chimique et diététique, la stabilité des lipides enrichis en acides gras polyinsaturés et la coloration du jaune de l'œuf de poule. La consommation alimentaire varie en fonction de nombreux facteurs qui sont liés à l'animal (l'âge, le poids, le sexe, la production, etc.), à l'aliment (niveau énergétique, caractéristiques physiques) et enfin aux conditions du climat (Nesseim, 2005). Les faibles niveaux de consommation peuvent s'expliquer en partie par la technique de fabrication (niveau énergétique) des aliments. Les résultats corroborent ceux de certains auteurs (Balnave & Bracke, 2005 ; Vigne *et al.*, (2014), qui soutiennent que le principal facteur alimentaire qui affecte la consommation de nourriture est la concentration d'énergie présente dans les aliments. Une augmentation de l'énergie alimentaire provoque une diminution de la consommation (Chancy, 2005 ; Tougan *et al.*, 2013). En effet, l'incorporation du tourteau de cajou à des teneurs dépassant les 50 % améliore l'énergie. Les besoins des poules étant faibles, l'utilisation d'autres matières premières à faibles valeurs énergétiques devraient permettre de corriger l'ingéré des poules. Dans les lots T1 et T3, l'on pourrait assimiler la faible consommation aux caractéristiques physiques des aliments. En effet, la coloration et l'appétence du tourteau de cajou ont certainement développé chez les poules de ces lots, le triage.

Le dénombrement des œufs est important dans la mesure où il permet en plus de calculer le taux de ponte, d'évaluer la qualité visuelle de ceux-ci. Dans l'ensemble, le nombre d'œufs moyens pondus par les poules dans chaque lot par jour est faible. Cela pourrait s'expliquer par le fait d'une sous consommation des aliments dans les lots.

La diminution, surtout la rupture de l'alimentation fait chuter le nombre d'œufs obtenus (Randrianarison, 1995). De plus, des niveaux élevés (dépassant 95 %) d'incorporation du tourteau de cajou seraient dépréciatif du fait d'une diminution considérable du nombre d'œufs pondus.

Par ailleurs, le taux de ponte des poules a été calculé à partir du nombre d'œufs ramassés chaque jour et du nombre de poules départ. Le lot T0 affiche $64,73 \pm 19,51$ %. Ce taux est supérieur à ceux de $55,12 \pm 17,46$ %, $30,03 \pm 16,82$ % (T3) et $26,42 \pm 15,64$ % (T1). En outre, ces taux sont compris entre 65 et 79,59 % rapportés par Silué *et al.* (2020) en Côte d'Ivoire, avec des régimes contenant 0 ; 10 ; 15 et 20 % tourteaux d'amande de cajou. Tossou *et al.* (2014), quant à eux, ont obtenu 74,9 % (batteries de cages) et 68,80 % (sol sur litière) dans leurs études sur l'influence du système de logement sur quelques performances zootechniques, économiques des poules pondeuses au Sud-Benin. Omri Nat (2018) a enregistré des taux variants entre 84,52 et 92,52 % pendant ses expérimentations sur l'impact du fenugrec sur les performances de ponte, la qualité physico-chimique et diététique, la stabilité des lipides enrichis en acides gras polyinsaturés et la coloration du jaune de l'œuf de poule. Le faible taux de ponte pourrait s'expliquer par le fait d'une sous-alimentation dans l'ensemble. La productivité des poules est souvent conditionnée par l'alimentation. En effet, l'alimentation des reproductrices comme celle des poules pondeuses joue un rôle primordial sur les performances zootechniques de celles-ci. A cet effet, il est recommandé d'employer une restriction quantitative du régime sans modifier la qualité de celui-ci. Une surconsommation des poules reproductrices entraîne leur engraissement ce qui affecte la production ultérieure d'œufs d'où l'intérêt du rationnement. Selon ISA (2005), le rationnement en période d'élevage a pour but d'amener en ponte des animaux avec une composition corporelle correcte et en conséquence d'améliorer la productivité. Les présents résultats corroborent la thèse que la productivité des poules est souvent conditionnée par l'alimentation. En addition, le taux de ponte a été influencé par la formulation. Des niveaux d'incorporation élevés (supérieurs à 50 %) seraient à déconseiller en production d'œufs afin de garantir une productivité acceptable.

Concernant les poids moyens des œufs, une augmentation a été observée dans tous les lots. Cette variation est due à une augmentation des quantités d'aliment consommée dans les lots. L'œuf dépend principalement de facteurs liés à la poule (origine génétique et surtout âge) mais aussi de son alimentation durant la période de ponte. L'alimentation de la poulette y contribue indirectement en influençant sa maturité sexuelle, son poids vif et sa composition corporelle lors de l'entrée en production (INRA, 2010).

L'efficacité alimentaire se traduit essentiellement par l'évaluation de l'indice de consommation (IC). En ponte, c'est la quantité d'aliment pour produire 1 kg d'œufs (ou bien 1 œuf). Ces indices constituent de bons indicateurs d'une alimentation équilibrée au niveau de tous les nutriments nécessaires à la santé et au bon développement des volailles. Durant cette expérimentation, les poules recevant l'aliment T0 ont enregistré le meilleur IC. Cet aliment est

suivi de T2. Les mauvais indices de consommations sont obtenus avec les aliments T1 et T3. Des valeurs similaires à celles des aliments T0 et T2 ont été obtenues par Silué et collaborateurs en 2020 avec les régimes expérimentaux RT ($3,23 \pm 0,37$), R10 ($3,53 \pm 0,33$), R15 ($3,62 \pm 0,24$) et R20 ($4,02 \pm 0,20$). Guedou *et al.* (2018) ont également obtenus des valeurs comprises entre 3,20 et 3,42 au cours de leurs expérimentations au Bénin. Il est donc important de noter qu'un faible indice de consommation est souhaité en aviculture (Koné, 2013).

Quant aux taux d'œufs déclassés, le lot T1 a enregistré le taux le plus élevé. Les œufs déclassés ne sont pas forcément liés à l'alimentation, mais des anomalies de diverses sources peuvent déclasser l'œuf (coloration blanche de la coquille des œufs à coquille roux, tache de sang trop importante, fêlure, souillure due aux déchets, calibre trop petit, calibre trop gros...).

Par ailleurs, au cours de la ponte, le taux de mortalité calculé des poules du lot alimenté avec l'aliment T0 était de 8,88 %. Ceux des poules des lots T3, T1 et T2 étaient de 4,44 ; 6,66 et 11,11 % respectivement. Ces taux sont pour la plupart supérieurs aux 6,60 % obtenus par Raharinirina (2017) pendant ses expérimentations et restent inférieurs à ceux (12 à 14 %) obtenus par Adou *et al.* (2019) dans les élevages de type III lors de leurs travaux sur l'influence du niveau technique des aviculteurs sur la productivité et la rentabilité des élevages de poules pondeuses dans le district d'Abidjan (Côte d'Ivoire). Le faible taux de mortalité a été enregistré avec le lot T3. La durée des expérimentations est l'un des facteurs affectant le taux de mortalité. Il est admis que les matières premières, dans leur ensemble, utilisées en alimentation animale notamment les poules pondeuses en Côte d'Ivoire, ne contiendraient pas de substances létales. Quant au tourteau de cajou, des études similaires menées par Silué *et al.* (2020) ont montré que le tourteau d'amandes de noix de cajou ne contiendrait pas de facteurs antinutritionnels létaux pour la volaille.

Conclusion partielle

L'objectif de la présente étude était d'évaluer les effets des aliments à base de tourteau de cajou (*Anacardium occidentale* L) sur les performances zootechniques des poulettes et poules pondeuses en Côte d'Ivoire. En phase de croissance, les résultats ont montré que les aliments à base de tourteau de cajou ont permis d'enregistrer des paramètres zootechniques plus ou moins satisfaisants. Dans tous les lots, une augmentation de la croissance pondérale a été observée allant de 469,2 g à 1325 g. Le GMQ a varié de $8,51 \pm 8,13$ g / j (C1) à $12,90 \pm 6,03$ g / j (C0) tandis que l'ingéré alimentaire (IA) a oscillé de $2514,20 \pm 388,50$ g (C3) à $2969,87 \pm 478,54$ g (C0). Aussi, l'indice de consommation qui n'a pas varié quelle que soit l'aliment est un bon indicateur d'une alimentation équilibrée. En phase de pré-ponte, l'usage du tourteau de

cajou en alimentation animale a permis d'améliorer certains paramètres zootechniques ; indice de consommation (IC) et le taux de mortalité (TM) des poulettes. Par ailleurs, les gains moyens quotidiens (GMQ) des lots H1 et H3 ont présenté des valeurs statistiquement ($p > 0,05$) identiques. Toutefois, des teneurs élevées ($> 95\%$) du tourteau de cajou dans les aliments (H1 et H3) ont présenté des consommations moyennes des aliments relativement faibles. Concernant la phase de ponte, la valorisation du tourteau de cajou en alimentation des poules pondeuses a permis d'améliorer certains paramètres de ponte tels que, la semaine d'entrée en ponte (SEP), le taux de mortalité (TM) des pondeuses. Toutefois, des taux élevés ($> 95\%$) du tourteau de cajou dans les aliments (T1 et T3) ont affecté négativement le nombre d'œufs pondus par jour et le taux de ponte. De même, dans ces lots (T1 et T3) les paramètres de ponte ne satisfont pas les attentes de cette étude. Les œufs issus de cette étude sont-ils de qualité ?

Il sera donc judiciable d'évaluer la qualité de ces œufs produit au cours de cette expérimentation. Aussi de conserver ces œufs à l'air libre et d'évaluer les effets de la conservation sur la qualité de ceux-ci.

Chapitre 3 : Effet du tourteau de cajou sur la qualité des œufs

Introduction

La qualité des œufs des poules nourries avec les aliments à base de tourteau de cajou a été évaluée. Les caractéristiques de qualité des œufs du jour ont été évaluées. Dans chaque lot, trente (30) œufs ont été sélectionnés puis conservés durant 10 semaines. Un contrôle de qualité a été fait chaque semaine.

1. Résultats

1.1. Caractéristiques de qualité des œufs du jour

1.1.1. Œuf entier

L'indice de forme des œufs des poules nourries avec l'aliment T0 était de $77,41 \pm 3,41$. Ceux des lots recevant les aliments T1, T2 et T3 étaient $77,41 \pm 3,41$; $76,94 \pm 3,02$ et de $77,96 \pm 3,17$ respectivement. L'analyse statistique indique qu'il n'y a pas de différence significative ($p > 0,05$) entre la moyenne des différents indices de forme des œufs des lots expérimentaux (Figure 37). Les indices de forme sont tous égaux.

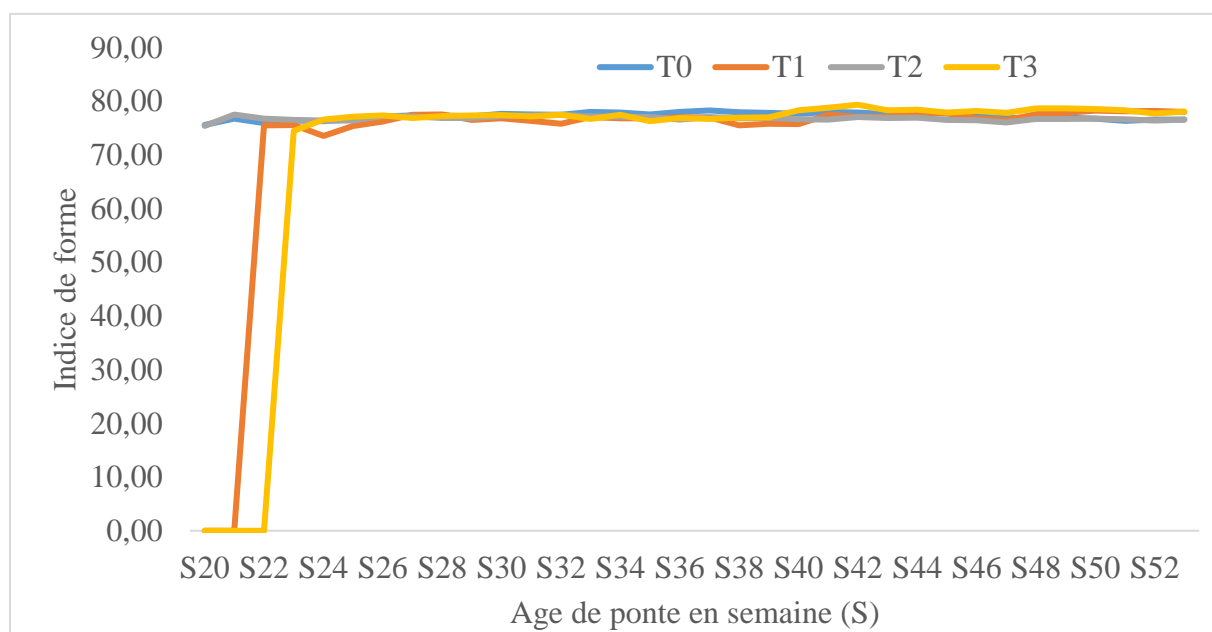


Figure 37 : Evolution de l'indice de forme des œufs au cours de la ponte

T0 : 0 % de tourteau de cajou ; T1 : 100 % tourteaux de cajou ; T2 : 50 % tourteaux de cajou ; T3 : 95 % tourteaux de cajou

Au cours de la ponte, le poids moyen d'un œuf était $53,00 \pm 6,24$ g pour le lot T0. Ceux des lots T1, T2 et T3 étaient $49,00 \pm 4,35$ g, $51,66 \pm 3,21$ g et de $50,33 \pm 5,68$ g respectivement. L'analyse statistique a révélé une différence significative ($p \leq 0,05$) entre les poids moyens des

œufs des poules des lots expérimentaux (Tableau 40). Les lots T0, T2 et T3 ont eu des poids statistiquement identiques.

Le poids moyen des parties comestibles des œufs cassés du lot T0 était $46,00 \pm 5,00$ g. Ceux des lots T1, T2 et T3 étaient $42,33 \pm 2,88$ g, $44,66 \pm 3,05$ g et de $45,66 \pm 4,16$ g respectivement. Sur le plan statistique, le poids moyen de la partie comestible du lot T1 a affiché la plus faible valeur au seuil de signification 0,05 (Tableau 40).

Le volume moyen des œufs cassés était de $44,00 \pm 5,00$ mL (T0). Les lots T1, T2 et T3 ont enregistré $42,00 \pm 2,64$ mL, $44,66 \pm 2,51$ mL et $44,66 \pm 4,16$ mL respectivement. L'analyse statistique a révélé une différence significative ($p \leq 0,05$) entre le volume moyen des parties comestibles des œufs de poules des lots expérimentaux (Tableau 40). Le lot T1 a enregistré le volume le plus faible ($42 \pm 2,64$ mL). Les autres lots (T0, T1 et T3) ont obtenu des volumes moyens statistiquement identiques.

1.1.2. Jaune d'œuf

Le poids moyen du jaune des œufs du lot T0 était $12,66 \pm 2,38$ g. Ceux des lots T1, T3 et T2 étaient $13,00 \pm 1,73$ g, $14,00 \pm 1,73$ g et $15,33 \pm 1,52$ g respectivement. L'analyse statistique a révélé une différence significative ($p \leq 0,05$) entre le poids moyen du jaune du lot T0 et ceux des poules T1, T3 et T2 (Tableau 40). Le lot T0 a enregistré le plus faible poids moyen de jaune. La portion moyenne du jaune d'œuf des poules soumises à l'aliment T0 était $23,88 \pm 1,81$ %. Quant aux poules nourries aux aliments T1, T3 et T2, les portions moyennes du jaune enregistrées étaient $26,45 \pm 1,28$ %, $28,14 \pm 5,55$ % et $29,71 \pm 2,85$ % respectivement. L'analyse statistique a révélé une différence significative ($p \leq 0,05$) entre les différentes portions du jaune des œufs des poules des lots expérimentaux (Tableau 40). Les aliments à base de tourteau de cajou ont obtenu les portions de jaune les plus élevées.

La coloration du jaune d'œufs cassés a varié d'un aliment à un autre. L'analyse statistique a révélé une différence significative ($p \leq 0,05$) entre la coloration jaune des œufs du lot T1 et celles des lots T0, T2 et T3 (Annexe 8).

1.1.3. Blanc de l'œuf

Le poids moyen du blanc d'œuf du lot T0 était de $36,34 \pm 1,85$ g. Pour les lots recevant les aliments T1, T2 et T3, les poids moyens du blanc des œufs étaient respectivement de $29,33 \pm 1,15$ g, $31,33 \pm 2,08$ g et $31,66 \pm 4,93$ g. Une différence significative ($p \leq 0,05$) est révélée entre les différentes valeur (Tableau 40). Les lots recevant les aliments contenant du tourteau de cajou (T1, T2 et T3) ont obtenus les poids les plus faibles.

Les poules soumises à l'aliment T0 ont enregistré une portion moyenne du blanc d'œuf de $68,56 \pm 3,89$ %. Avec les lots soumis aux aliments T2, T1 et T3 les portions moyennes du blanc d'œuf enregistrées étaient $60,58 \pm 3,12$ %, $63,23 \pm 6,21$ % et $64,04 \pm 1,65$ % respectivement. Par ailleurs, l'analyse statistique a révélé une différence significative ($p \leq 0,05$) entre les différentes portions du blanc des œufs des poules des lots expérimentaux (Tableau 40). Les lots à base de tourteau de cajou (T1, T2 et T3) ont enregistré les points de blanc les plus faibles (60 – 64,04 %).

1.1.4. Coquille d'œuf

Le poids moyen des coquilles étaient $4,00 \pm 1,00$ g (T0), $4,66 \pm 0,57$ g (T1) et $4,33 \pm 0,57$ g (T2) et $4,33 \pm 0,57$ g (T3). L'analyse statistique indique qu'il n'y a pas de différence significative ($p \leq 0,05$) entre les différents lots expérimentaux (Tableau 40). L'épaisseur de la coquille était de $0,33 \pm 0,03$ mm pour le lot T0. Celles des lots T1, T2 et T3 étaient respectivement $0,31 \pm 0,05$ cm, 0,30 cm. L'analyse statistique a révélé qu'il n'existe pas de différences significatives ($p > 0,05$) entre ces épaisseurs moyennes (Tableau 40).

Les portions moyennes de la coquille étaient $7,59 \pm 1,85$ % (T0), $9,50 \pm 0,36$ % (T1), $9,70 \pm 0,62$ % (T2) et $8,62 \pm 0,80$ % (T3). L'analyse statistique a révélé une différence significative ($p \leq 0,05$) entre les différentes portions des coquilles des poules des lots expérimentaux (Tableau 40). Les aliments à base de tourteau de cajou ont enregistré les portions les plus élevées.

Résultats et discussion

Tableau 40 : Contrôle qualité des œufs du jour au cours de la ponte

Caractéristiques des œufs	Aliments			
	T0	T1	T2	T3
Poids moyen d'un œuf (g)	53,00 ± 6,24 ^a	49,00 ± 4,35 ^b	51,66 ± 3,21 ^a	50,33 ± 5,68 ^a
Poids moyen partie comestible (g)	46,00 ± 5,00 ^a	42,33 ± 2,88 ^b	44,66 ± 3,05 ^{ab}	45,66 ± 4,16 ^a
Volume moyen partie comestible (mL)	44,00 ± 5,00 ^a	42,00 ± 2,64 ^b	44,66 ± 2,51 ^a	44,66 ± 4,16 ^a
Coloration du jaune	8,33 ± 2,51 ^a	6,66 ± 3,51 ^b	7,33 ± 0,57 ^a	7,66 ± 1,52 ^a
Poids moyen du jaune (g)	12,66 ± 2,38 ^b	13,00 ± 1,73 ^{ab}	15,33 ± 1,52 ^a	14,00 ± 1,73 ^a
Portion du jaune (%)	23,88 ± 1,81 ^c	26,45 ± 1,28 ^b	29,71 ± 2,85 ^a	28,14 ± 5,55 ^a
Poids moyen du blanc (g)	36,34 ± 1,85 ^a	29,33 ± 1,15 ^b	31,33 ± 2,08 ^b	31,66 ± 4,93 ^b
Portion du blanc (%)	68,56 ± 3,89 ^a	64,04 ± 1,65 ^b	60,58 ± 3,12 ^c	63,23 ± 6,21 ^b
Poids moyen coquille (g)	4,00 ± 1,00	4,66 ± 0,57	5,00 ± 0,17	4,33 ± 0,57
Epaisseur coquille (cm)	0,33 ± 0,03 ^a	0,31 ± 0,05 ^a	0,30 ± 0,05 ^a	0,30 ± 0,00 ^a
Portion coquille (%)	7,59 ± 1,85 ^b	9,50 ± 0,36 ^a	9,70 ± 0,62 ^a	8,62 ± 0,80 ^a

a, b, c, d : Les valeurs affectées de différentes lettres sur la même ligne sont significativement différentes ; T0 : 0 % de tourteau de cajou ; T1 : 100 % tourteaux de cajou ; T2 : 50 % tourteaux de cajou ; T3 : 95 % tourteaux de cajou.

1.2. Œufs conservés

1.2.1. Evolution des poids moyens des œufs

Le tableau 41 présente l'évolution des poids moyens des œufs au cours de la conservation. Le poids moyen des œufs provenant de la ponte des poules nourries à l'aliment T0 (témoin) a diminué allant de $55,03 \pm 3,04$ g à S0 de la conservation à $51,56 \pm 6,08$ g après dix (10) semaines (S10) de conservation. Le poids moyen des œufs des traitements T1, T2 et T3 a également diminué allant de $52,10 \pm 3,98$ à $49,63 \pm 3,84$ g, de $52,56 \pm 3,46$ à $49,66 \pm 3,83$ g et de $54,55 \pm 4,36$ à $49,75 \pm 4,22$ g respectivement (Tableau 36). L'analyse statistique indique qu'il n'y a pas de différence significative ($p \geq 0,05$) entre les différents poids moyens des œufs des lots des poules traités du début (S0) à la fin de période de conservation (S10).

Tableau 41: Evolution des poids moyens des œufs

Période de Conservation (S)	Traitement			
	PMT0 (g)	PMT1 (g)	PMT2 (g)	PMT3 (g)
S0	$55,03 \pm 3,04$	$52,10 \pm 3,98$	$52,56 \pm 3,46$	$54,55 \pm 4,36$
S10	$51,56 \pm 6,08$	$49,63 \pm 3,84$	$49,66 \pm 3,83$	$49,75 \pm 4,22$

S : Semaine ; S0 : Semaine 0 ; S10 : Semaine 10 ; PMT0 : Poids moyen des œufs traitement T0 ; PMT1 : Poids moyen des œufs du traitement T1 ; PMT2 : Poids moyen des œufs du traitement T2 ; PMT3 : Poids moyen des œufs du traitement T3.

1.2.2. Evolution de la perte de poids

L'évolution de la perte de poids des œufs des poules nourries avec différentes aliments à base de tourteau de cajou est montrée sur la figure 38. Il ressort que dans leur ensemble, toutes les courbes présentent une allure croissante. Toutefois, à la fin de la période de conservation, la perte de poids était significativement ($P < 0,05$) plus élevée au niveau des lots ayant reçu l'aliment T0. Les aliments composés de tourteaux de cajou ont enregistré les pertes faibles.

1.2.3. Position des œufs dans l'eau salinisée à 10 %

Les différentes positions des œufs au cours de la conservation après l'épreuve de densité dans de l'eau salinisée 10 % ont été observées. Ainsi, certains œufs ont coulé, d'autres entre deux eaux. Et enfin, une partie a flotté. Dans le tableau 42 sont présentés les résultats d'analyse de l'épreuve de densité des œufs conservés dans de l'eau salinisée 10 %. À la 5^{ème} semaine (S5) de conservation, tous les œufs des différents traitements se retrouvent en surface.

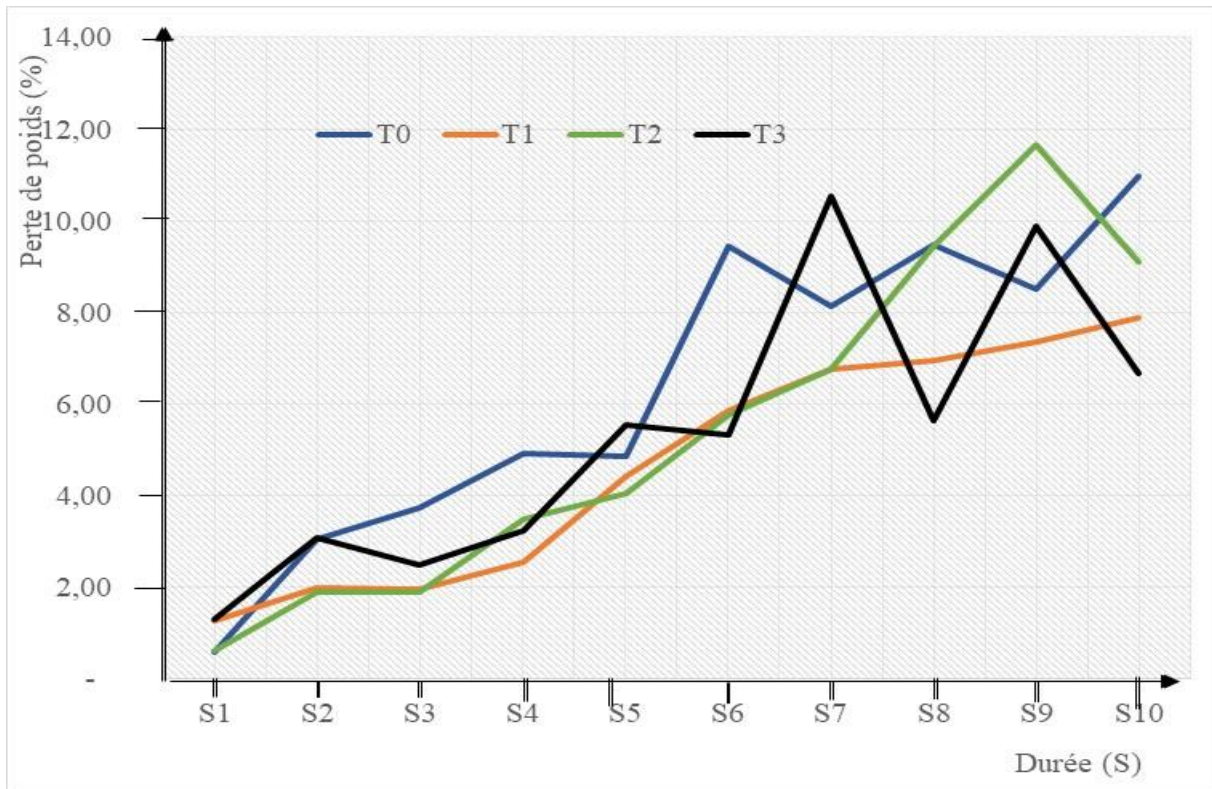


Figure 38 : Évolution de la perte de poids des œufs au cours de la conservation

S : Semaine ; T1 : Aliment avec 100 % tourteau de cajou ; T2 : Aliment avec 50 % tourteaux de cajou ; T3 : Aliment avec 95 % tourteaux de cajou.

Résultats et discussion

Tableau 42 : Evolution de la densité des œufs dans de l'eau salinisée (10 %) au cours de la conservation

Lots	Position de l'œuf	Durée de conservation									
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
T0	Profondeur (%)	100	0	33,3	0	0	0	0	0	0	0
	Entre deux eaux (%)	0	0	0	33,33	0	0	0	0	0	0
	Surface (%)	0	100	66,67	66,67	100	100	100	100	100	100
T1	Profondeur (%)	100	33,33	33,33	0	0	0	0	0	0	0
	Entre deux eaux (%)	0	0	0	33,33	0	0	0	0	0	0
	Surface (%)	0	66,67	66,67	66,67	100	100	100	100	100	100
T2	Profondeur (%)	100	33,33	33,33	0	0	0	0	0	0	0
	Entre deux eaux (%)	0	0	0	66,67	0	0	0	0	0	0
	Surface (%)	00	66,67	66,67	33,33	100	100	100	100	100	100
T3	Profondeur (%)	100	100	33,33	33,33	0	0	0	0	0	0
	Entre deux eaux (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Surface (%)	0	0	66,67	66,67	100	100	100	100	100	100

T0 : Aliment avec 0 % tourteau de cajou ; T1 : Aliment avec 100 % tourteaux de cajou ; T2 : Aliment avec 50 % tourteaux de cajou ; T3 : Aliment avec 95 % tourteaux de cajou.

1.2.4. Evolution des différentes parties des œufs au cours de la conservation

1.2.4.1. Evolution du vitellus

1.2.4.1.1. Evolution du poids

Les poids moyens du jaune d'œufs sont représentés dans le tableau 43. Avec le lot T0, les poids moyen ont varié entre 5 et 11,33 g avec une moyenne de 8,19 g. Quant au lot T1, ils ont varié entre 9,66 et 16,33 g avec une moyenne de 13,39 g. Les lots T2 et T3, les poids moyen du jaune ont varié entre 0 - 15,33 g et 0 – 14,66 g respectivement. A la fin des expériences, la moyenne a été de 8,89 g (T2) et 9,58 g (T3). L'analyse statistique a révélé une différence significative entre les différents traitements au seuil de 5 %.

Tableau 43 : Evolution du poids des œufs au cours de la conservation

Age (S)	Aliments			
	T0	T1	T2	T3
S1 – S5	11,13 ± 2,29	13,19 ± 1,72	11,73 ± 3,63	13,86 ± 0,9
S6 – S10	5,26 ± 0,43	13,59 ± 2,65	6,06 ± 0,86	5,29 ± 3,9
Moy ± E type (g)	8,19 ± 3,46 ^b	13,39 ± 2,11 ^a	8,89 ± 5,45 ^b	9,58 ± 5,24 ^b

a, b : Les valeurs affectées de différentes lettres sur la même ligne sont significativement différentes T0 : Aliment avec 0 % tourteau de cajou ; T1 : Aliment avec 100 % tourteaux de cajou ; T2 : Aliment avec 50 % tourteaux de cajou ; T3 : Aliment avec 95 % tourteaux de cajou ; S : Semaine ; Moy ± E type : Moyenne plus ou moins écart type.

1.2.4.1.2. Évolution de la coloration jaune du vitellus

La coloration moyenne du jaune d'œuf est renseignée par le tableau 44. Le jaune d'œufs du lot T0 a une coloration moyenne de 7,76. Celles des lots T1, T2 et T3 sont de 6,66, 6,79 et 6,61 respectivement. L'analyse statistique n'a révélé aucune différence significative entre la coloration moyenne des différents traitements. Toutefois, la valeur élevée a été enregistrée avec le traitement T0.

Tableau 44 : Evolution de la coloration jaune du vitellus

Age (S)	Aliments			
	T0	T1	T2	T3
S1 – S5	8,13 ± 0,44	6,46 ± 1,11	7,19 ± 1,07	6,59 ± 0,82
S6 – S10	7,39 ± 1,36	6,86 ± 0,68	6,39 ± 2,12	6,63 ± 1,94
Moy ± E type	7,76 ± 1,03	6,66 ± 0,9	6,79 ± 1,64	6,61 ± 1,41

T0 : Aliment avec 0 % tourteau de cajou ; T1 : Aliment avec 100 % tourteaux de cajou ; T2 : Aliment avec 50 % tourteaux de cajou ; T3 : Aliment avec 95 % tourteaux de cajou ; S : Semaine ; Moy ± E type : Moyenne plus ou moins écart type.

1.2.4.1.3. Évolution de la hauteur du vitellus

Dans le tableau 45 sont consignés les résultats de l'évolution de la hauteur du vitellus au cours de la conservation des œufs. Au cours de la conservation des œufs, la hauteur du

Résultats et discussion

vitellus a varié. Allant des valeurs élevées pour atteindre des valeurs plus basses. Toutefois, les lots soumis aux aliments T3 (6,43 mm) et T1 (5,83 mm) ont enregistré des hauteurs statistiquement supérieures à ceux des lots recevant les aliments T0 (4,53 mm) et T2 (4,96 mm).

Tableau 45 : Evolution de la hauteur du vitellus

Age (S)	Aliments			
	T0	T1	T2	T3
S1 – S5	4,99 ± 1,52	5,33 ± 1,62	5,26 ± 2,01	6,46 ± 0,82
S6 – S10	4,06 ± 0,82	6,33 ± 1,33	4,66 ± 1,77	6,39 ± 2,06
Moy ± E type (mm)	4,53 ± 0,65 ^b	5,83 ± 0,7 ^{ab}	4,96 ± 0,42 ^b	6,43 ± 0,04 ^a

a, b : Les valeurs affectées de différentes lettres sur la même ligne sont significativement différentes ; T0 : Aliment avec 0 % tourteau de cajou ; T1 : Aliment avec 100 % tourteaux de cajou ; T2 : Aliment avec 50 % tourteaux de cajou ; T3 : Aliment avec 95 % tourteaux de cajou ; S : Semaine ; Moy ± E type : Moyenne plus ou moins écart type.

1.2.4.1.4. Portion du vitellus

La portion moyenne du vitellus est consignée dans le tableau 46. Les œufs du lot T1 (27,23 %) ont une portion en vitellus plus élevée que celles des lots T0 (15,32 %), T2 (17,55 %) et T3 (19,18 %). Le lot T0 a enregistré la plus basse portion. L'analyse statistique a révélé une différence significative ($p < 0,05$) entre les différents traitements.

Tableau 46 : Evolution de la portion du vitellus des œufs conservés

Age (S)	Aliments			
	T0	T1	T2	T3
S1 – S5	19,94 ± 3,49	26,55 ± 2,94	22,44 ± 6,4	27,25 ± 1,36
S6 – S10	10,7 ± 1,03	27,91 ± 5,26	12,65 ± 2,15	11,12 ± 3,19
Moy ± E Type (%)	15,32 ± 6,53 ^d	27,23 ± 0,96 ^a	17,55 ± 6,92 ^c	19,18 ± 11,41 ^b

a, b, c, d : Les valeurs affectées de différentes lettres sur la même ligne sont significativement différentes ; T0 : Aliment avec 0 % tourteau de cajou ; T1 : Aliment avec 100 % tourteaux de cajou ; T2 : Aliment avec 50 % tourteaux de cajou ; T3 : Aliment avec 95 % tourteaux de cajou ; S : Semaine ; Moy ± E type : Moyenne plus ou moins écart type.

1.2.4.2. Évolution de l'albumen de l'œuf

1.2.4.2.1. Evolution du poids de l'albumen

Les poules nourries avec l'aliment T1 ont eu un poids moyen d'albumen plus élevé que ceux des lots T3, T2 et T0 (Tableau 47). Toutefois, le faible poids moyen de l'albumen a été obtenu avec l'aliment T1. De même, des taux élevés de tourteaux de cajou améliorent le poids moyen de l'albumen au cours de la conservation. L'analyse statistique a révélé une différence significative ($p < 0,05$) entre les différents régimes.

Tableau 47 : Evolution du poids de l'albumen des œufs conservés

Age (S)	Aliments			
	T0	T1	T2	T3
S1 – S5	27,99 ± 7,08	27,59 ± 6,13	25,46 ± 6,05	31,72 ± 0,59
S6 – S10	9,19 ± 1,01	25,99 ± 4,19	13,39 ± 3,12	12,58 ± 1,17
Moy ± E type (g)	18,59 ± 13,29 ^c	26,79 ± 1,13 ^a	19,43 ± 8,53 ^c	22,15 ± 13,53 ^b

a, b, c, d : Les valeurs affectées de différentes lettres sur la même ligne sont significativement différentes ; T0 : Aliment avec 0 % tourteau de cajou ; T1 : Aliment avec 100 % tourteaux de cajou ; T2 : Aliment avec 50 % tourteaux de cajou ; T3 : Aliment avec 95 % tourteaux de cajou ; S : Semaine ; Moy ± E type : Moyenne plus ou moins écart type.

1.2.4.2.2. Évolution de la hauteur de l'albumen

Au cours de la conservation, la hauteur de l'albumen n'a pas été influencé par l'aliment. Toutefois, des valeurs élevées ont été observées avec les œufs du lots T1. Dans l'ensemble, il n'y a pas de différence significative entre la hauteur de l'albumen quelle que soit l'aliment utilisé. Le lot T2 comprenant 50 % de tourteau a enregistré la baisse la plus importante à la fin de la période de conservation (Tableau 48).

Tableau 48 : Evolution de la hauteur de l'albumen des œufs conservés

Age (S)	Aliments			
	T0	T1	T2	T3
S1 – S5	2,36 ± 0,73	2,62 ± 0,81	2,59 ± 1,21	2,57 ± 1,28
S6 – S10	1,24 ± 0,13	1,27 ± 0,28	0,95 ± 0,59	1,19 ± 0,05
Moy ± E type (mm)	1,8 ± 0,79	1,94 ± 0,95	1,77 ± 1,15	1,88 ± 0,97

T0 : Aliment avec 0 % tourteau de cajou ; T1 : Aliment avec 100 % tourteaux de cajou ; T2 : Aliment avec 50 % tourteaux de cajou ; T3 : Aliment avec 95 % tourteaux de cajou ; S : Semaine ; Moy ± E type : Moyenne plus ou moins écart type.

1.2.4.2.3. Evolution de l'unité Haugh des œufs conservés

La figure 39 présente l'évolution de l'unité Haugh des œufs conservés chaque semaine. Dans l'ensemble, les courbes d'évolution des unités Haugh présentent la même allure. Elles présentent deux (2) phases : De S1 à S5, une décroissance progressive des unités Haugh est observée quelque soit le lot de poules et le type d'aliment. Toutefois le lot de poules soumis à l'aliment T1 est statistiquement ($P < 0,05$) la plus élevée. A partir de S5, une stabilité des unités Haugh est observée dans tous les lots avec des valeurs inférieures à 30. En outre, une baisse importante est observée avec les lots T2. A S4, les unités de Haugh sont inférieures à 30 pour les lots T2 et T3.

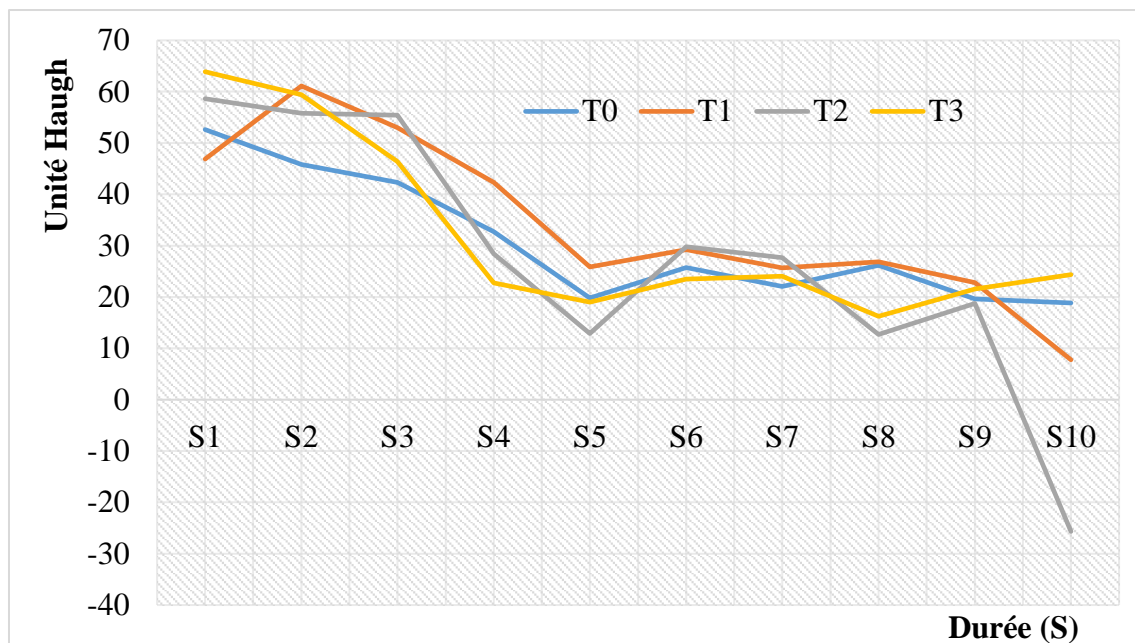


Figure 39 : Evolution de l’unité Haugh des œufs conservés

T0 : Aliment avec 0 % tourteau de cajou ; T1 : Aliment avec 100 % tourteaux de cajou ; T2 : Aliment avec 50 % tourteaux de cajou ; T3 : Aliment avec 95 % tourteaux de cajou.

1.2.4.2.4. Portion du blanc

Les évolutions de portion du blanc d’œufs des différents lots étudiés au cours de la conservation sont présentées le tableau 49. De S0 à S10 les portions de blanc ont diminué quelle que soit l’aliment utilisé. Le lot T2 a enregistré la plus faible proportion de blanc à la fin de la période de conservation.

Tableau 49 : Evolution de la portion du blanc d’œufs au cours de la conservation

Age (S)	Aliments			
	T0	T1	T2	T3
S1 – S5	53,83 ± 14,36	57,81 ± 11,14	56,38 ± 14,52	63,75 ± 1,52
S6 – S10	31,61 ± 4,57	56,91 ± 9,85	29,68 ± 7,12	29,3 ± 2,73
Moy ± E type (%)	42,72 ± 15,71 ^c	57,36 ± 0,63 ^a	43,03 ± 18,87 ^c	46,53 ± 24,36 ^b

a, b, c, d : Les valeurs affectées de différentes lettres sur la même ligne sont significativement différentes ; T0 : Aliment avec 0 % tourteau de cajou ; T1 : Aliment avec 100 % tourteaux de cajou ; T2 : Aliment avec 50 % tourteaux de cajou ; T3 : Aliment avec 95 % tourteaux de cajou ; S : Semaine ; Moy ± E type : Moyenne plus ou moins écart type.

1.2.4.3. Evolution des parties non comestibles

1.2.4.3.1. Epaisseur de la coquille

Le tableau 50 résume l’épaisseur moyenne des coquilles des œufs cassés. Dans leur ensemble, elle n’a pas varié quel que soit le régime auquel est soumis la poule. L’analyse statistique indique qu’il n’y a pas de différence significative ($p \geq 0,05$) entre les différentes épaisseurs moyennes des œufs des poules des traitements.

Tableau 50 : Epaisseur moyenne des coquilles des œufs cassés

Durée (S)	Aliments			
	T0	T1	T2	T3
S1 – S5	0,31 ± 0,02	0,31 ± 0,01	0,3 ± 0,01	0,3 ± 0,02
S6 – S10	0,33 ± 0,03	0,33 ± 0,03	0,33 ± 0,04	0,34 ± 0,01
Moy ± E type (mm)	0,32±0,01	0,32±0,01	0,32±0,02	0,32±0,02

T0 : Aliment avec 0 % tourteau de cajou ; T1 : Aliment avec 100 % tourteaux de cajou ; T2 : Aliment avec 50 % tourteaux de cajou ; T3 : Aliment avec 95 % tourteaux de cajou ; S : Semaine ; Moy ± E type : Moyenne plus ou moins écart type.

1.2.4.3.2. Poids de la coquille

Dans le tableau 51 sont indiqués les poids moyens des coquilles des œufs conservés. Dans leurs ensembles, les poids moyens des coquilles n'ont pas varié quel que soit le régime auquel est soumis la poule. L'analyse statistique indique qu'il n'y a pas de différence significative ($p \geq 0,05$) entre les différents poids moyens des coquilles des œufs des poules des lots expérimentaux à la fin de la période de conservation.

Tableau 51 : Poids moyens des coquilles des œufs conservés à l'air libre

Semaine (S)	Poids moyen des coquilles			
	T0	T1	T2	T3
S1 – S5	4,33 ± 0,33	4,79 ± 0,18	4,66 ± 0,33	4,59 ± 0,27
S6 – S10	4,39 ± 0,27	4,53 ± 0,68	4,46 ± 0,18	3,99 ± 1,22
Moyenne (g)	4,36 ± 0,04	4,66 ± 0,18	4,56 ± 0,14	4,29 ± 0,42

T0 : Aliment avec 0 % tourteau de cajou ; T1 : Aliment avec 100 % tourteaux de cajou ; T2 : Aliment avec 50 % tourteaux de cajou ; T3 : Aliment avec 95 % tourteaux de cajou ; S : Semaine ; Moy ± E type : Moyenne plus ou moins écart type

1.2.4.3.3. Portion de la coquille

La portion moyenne des coquilles des œufs conservés, dans leur ensemble, n'a pas varié quel que soit le régime auquel est soumis la poule. L'analyse statistique indique qu'il n'y a pas de différence significative ($p \geq 0,05$) entre les différentes épaisseurs moyennes des œufs des poules des lots expérimentaux à la fin de la conservation (Tableau 52).

Tableau 52 : Portion de la coquille des œufs conservés

Durée (S)	Portion moyenne des coquilles			
	T0	T1	T2	T3
S1 – S5	7,99 ± 0,6	9,55 ± 0,29	9,02 ± 0,45	8,98 ± 0,36
S6 – S10	9,06 ± 0,46	9,25 ± 1,36	9,42 ± 0,51	8,26 ± 2,33
Moyenne (%)	8,53 ± 0,75	9,40 ± 0,21	9,22 ± 0,27	8,62 ± 0,5

T0 : Aliment avec 0 % tourteau de cajou ; T1 : Aliment avec 100 % tourteaux de cajou ; T2 : Aliment avec 50 % tourteaux de cajou ; T3 : Aliment avec 95 % tourteaux de cajou ; S : Semaine ; Moy ± E type : Moyenne plus ou moins écart type.

2. Discussion

L'étude a été menée dans le but d'évaluer l'effet de l'incorporation du tourteau de cajou en alimentation de poules pondeuses sur la qualité des œufs. L'usage du tourteau de cajou a eu un impact positif sur certains paramètres de qualité. C'est le cas de l'indice de forme. Ainsi, l'indice de forme des œufs des poules n'a pas été affecté négativement par l'incorporation du tourteau de cajou dans les aliments de poules pondeuses. Les indices de forme obtenus sont compris entre 76,94 et 77,96 %. Ces valeurs sont proches de celles trouvées par certains auteurs. Rabenirina (2004) a obtenu 0,76 soit 76 % en soumettant à des poules pondeuses des aliments à base de grains de *Ceiba pentandra* en raison de 0 ; 0,1 ; 0,2 et 1 % et de *Heritiera littoralis* (0 ; 0,062 ; 0,124 et 0,62 %). Moula (2018), quant à lui a obtenu des valeurs comprises entre 76,09 ± 0,08 et 77,91 % lorsqu'il travaillait sur des poules industrielles et d'autres issues du croisement Industrielle et Locale. Ces valeurs sont supérieures à celles de 75,8 ± 3,20 (Lohmann Tradition), 73,10 ± 4,3 (Normalement emplumé) et 73,3 ± 3,9 (Cou nu frisé) rapporté par Dalhoum *et al.* (2015) au cours de leurs expérimentations sur l'évaluation de la qualité des œufs chez deux phénotypes de poules locales : cou nu-frisées et normalement emplumées. Par ailleurs, les valeurs enregistrées ne diffèrent pas entre eux sur le plan statistique ($p > 0,05$). Cette étude ne confirme pas la nature génétique de la variation d'indice de forme. Elle permet plutôt de formuler une hypothèse dans ce sens. La variation des indices de formes serait liée à la nature génétique. Cette étude confirme la nature génétique de la variation des indices de forme. Dottavio *et al.* (2001) ont enregistré d'importantes différences dans l'indice de forme des œufs des différents réservoirs génétiques qu'ils ont étudiés. Selon King'ori (2012), la taille, l'âge, l'état sanitaire ainsi que la structure interne de la poule constituent, entre autres, des facteurs pouvant influencer fortement la forme de l'œuf. Toutefois, les œufs des différents lots (T0, T1, T2 et T3) ont un indice de forme supérieur à 75 norme requise pour les œufs pouvant être conditionnés dans les emballages standardisés (Samandoulougou *et al.*, 2016). Selon ces

auteurs, l'indice de forme supérieur à 75, montre que la résistance mécanique de la coquille des pondeuses est de loin supérieure à celle des œufs de poules de race locale.

Quant au poids moyen des œufs des différents lots de poules, l'analyse statistique a révélé une différence significative ($p \leq 0,05$) entre le poids moyen des œufs des poules des lots étudiés. L'incorporation du tourteau de cajou dans les aliments a entraîné une diminution des poids moyens des œufs des différents lots particulièrement plus prononcés chez le lot T1 (100 % de tourteau). Le taux élevé du tourteau de cajou (100 %) dans l'aliment a permis d'enregistrer un faible poids moyen ($49,00 \pm 4,35$ g) des œufs de ce lot. Les poids moyens des œufs dans tous les lots ont été inférieurs à ceux de $61,54 \pm 4,95$ g (Lohmann Tradition) et $58,6 \pm 4,45$ g (Cou nu frisé) (Dalhoum *et al.*, 2015). Toutefois, plusieurs auteurs (Akouango *et al.*, 2004 ; Dafaalla *et al.*, 2005 ; Fosta, 2008 ; Keambou *et al.*, 2009) ont rapporté des poids inférieurs compris entre 37,95 et 44,9 g sur les œufs locaux de certaines régions d'Afrique. Cela pourrait peut-être dû à l'alimentation de la poule au cours de la ponte. Le poids de l'œuf est lié à l'alimentation de la poule durant la période de ponte. L'alimentation de la poulette y contribue indirectement en influençant sa maturité sexuelle, son poids vif et sa composition corporelle lors de l'entrée en production (INRA, 2010). Le poids moyen de l'œuf est fonction de la quantité d'énergie et de protéines ingérées : l'ingestion d'un gramme de protéines par jour en plus entraîne en moyenne une augmentation du poids de l'œuf de 1,3 g dans le cas de protéines équilibrées en acides aminés (Bouvarel *et al.*, 2010).

Tout comme pour le poids moyen des œufs, l'incorporation du tourteau de cajou dans les aliments a entraîné une diminution du poids moyen des parties comestibles des œufs des différents lots. Cette baisse du poids est plus importante dans les lots nourris avec les aliments comprenant 100 % de tourteau de cajou (T1). Par ailleurs, les valeurs enregistrés dans la présente étude ($42,33 - 46$ g) sont inférieures à celle de 90,70 % rapportée par Nys & Sauveur (2004). Ces faibles valeurs de la partie comestible des œufs pourraient s'expliquer en partie par le faible poids moyen des œufs dans tous les lots. De plus, le tourteau de cajou a eu un impact significatif sur le poids moyen des parties comestibles.

De même que pour le poids moyen des parties comestibles, l'analyse statistique a révélé une différence significative ($p \leq 0,05$) entre le volume moyen des parties comestibles des œufs de poules ayant reçu les différents aliments. Ces volumes, dans leur ensemble, sont inférieurs à 55 cm^3 (Sauveur, 1988). Ces faibles valeurs pourraient s'expliquer par les faibles poids des œufs obtenus lors de cette expérimentation. Toutefois, l'incorporation du tourteau de cajou dans les aliments a exercé une influence significative sur le volume des parties comestibles. En effet,

les œufs des poules pondeuses nourries aux aliments de tourteau de cajou ont obtenu les plus faibles volumes des parties ($42 \pm 2,64$ mL).

Par ailleurs, la coloration du jaune d'œufs cassés a varié d'un aliment à un autre. L'analyse statistique a révélé une différence significative ($p \leq 0,05$) entre la coloration jaune des œufs du lot T1 et celles des lots T0, T2 et T3. Telle que présentée, la coloration jaune de l'œuf a varié, allant de jaune orangé au jaune pâle. Ainsi, le tourteau de cajou dégrade la coloration du jaune d'œuf. Les valeurs obtenues lors de cette expérimentation étaient supérieures à celles de $6,33 \pm 0,33$ (RT), $5,00 \pm 0,00$ (R10), $4,67 \pm 0,33$ (R15) et $4,67 \pm 0,21$ (R20) obtenu par Silué *et al.* (2020) dans leur étude sur les performances zootechniques, économiques et qualité physique des œufs des poules soumises à des régimes alimentaires apportant différentes concentrations de tourteau d'amandes de noix de cajou (Côte d'Ivoire). La couleur du jaune est importante pour certains consommateurs. C'est l'un des critères de sélection des œufs de consommation sur le marché. Les poules sont incapables de synthétiser les caroténoïdes mais les accumulent très facilement dans le jaune de l'œuf. Leur alimentation contient des pigments (présents dans les matières premières ou ajoutés) qui permettent d'ajuster la coloration du jaune d'œuf à la demande des consommateurs. Seuls les xanthophylles (caroténoïdes présentant un groupement oxygène) ont un effet colorant (Nys, 2000). Des jaunes bien colorés seraient signe de bonne santé de la poule, mais cette impression est fautive, car la coloration du jaune dépend directement de la consommation en caroténoïdes de la poule (Silué *et al.*, 2020). La dégradation de la coloration du jaune de l'œuf serait liée à la quantité des caroténoïdes consommés par la poule, car les animaux ne peuvent pas les synthétiser. C'est donc uniquement leur alimentation qui détermine la couleur du jaune de leurs œufs (Nys, 2000 ; Bouvarel *et al.*, 2010). La couleur jaune-orangée du jaune d'œuf est due à la présence des pigments caroténoïdes très proches par leur structure de la vitamine A, principalement zéaxanthine et lutéine ; ce sont des xanthophylles. Une coloration jaune-orangée préférée dans de nombreux pays est obtenue par combinaison de 10 - 15 mg / kg de caroténoïdes jaunes combinés avec 1 - 3 mg de caroténoïdes rouges. Les caroténoïdes sont une source d'antioxydants pour l'alimentation humaine et l'œuf contribue à l'apport global, même si sa consommation par rapport aux apports journaliers est relativement faible grâce à une efficacité double par rapport à celle des caroténoïdes issus des légumes. L'œuf est une source intéressante de lutéine et peut être enrichi en celle-ci ; la lutéine contribue à la prévention de la dégénérescence maculaire chez les seniors (Nys *et al.*, 2018). Par ailleurs, l'incorporation du tourteau de cajou dans les aliments a donc entraîné une augmentation du poids moyen du jaune d'œufs. Le poids moyen du jaune du lot T0 est inférieur à ceux de 13,83 g (C^a), 13,88 g (FC^a), 13,73 g (FA^a) et 13,83 g (FPG^a) rapporté par Omri Inat

(2018) dans son étude sur l'impact du fenugrec sur les performances de ponte, la qualité physico-chimique et diététique, la stabilité des lipides enrichis en acides gras polyinsaturés et la coloration du jaune de l'œuf de poule. Par contre, les poids moyens du jaune des lots T1, T2 et T3 sont supérieurs à ceux de l'auteur sus mentionné.

En addition, le poids moyen du blanc d'œuf du lot T0 était de $36,34 \pm 1,85$ g alors que pour les lots recevant les aliments T1, T2 et T3, le poids moyen du blanc des œufs étaient de $29,33 \pm 1,15$ g, $31,33 \pm 2,08$ g et $31,66 \pm 4,93$ g respectivement. Ces valeurs sont comprises entre 29 et 37,4 g obtenu par (Dalhoum *et al.*, 2015) lors de leurs expérimentations sur l'évaluation de la qualité des œufs chez deux phénotypes de poules locales : cou nu frisées et normalement emplumées. Par ailleurs, ces valeurs sont supérieures à celles variant entre $24,23 \pm 0,68$ g et $25,76 \pm 0,63$ g rapportées par Moula *et al.* (2011) dans leur étude sur la comparaison de la qualité des œufs de deux races de poules Vietnamiennes (Ri et Mia). Des valeurs élevées de poids du blanc d'œufs ont été rapportées par Moula *et al.* (2010). Selon ces auteurs, des souches améliorées ISA Brown contiennent 41,8 g d'albumen.

Au contraire du poids moyen du blanc d'œuf, le poids moyen des coquilles n'a pas varié significativement d'un lot à l'autre. C'est également le cas pour l'épaisseur moyenne des coquilles. Concernant les poids moyens des coquilles, Moula (2018) a rapporté des valeurs plus élevées (6,68 – 7,54 g) que celles enregistrées dans la présente étude. Cet auteur travaillait sur la qualité des œufs de consommation de trois types génétiques de poules commercialisées dans l'Est algérien.

Ces coquilles ont des épaisseurs moyennes inférieures à celles des poules de souches commerciales et de races locales qui sont de l'ordre de 0,34 – 0,36 mm (Offiong *et al.*, 2006). Benabdeljelil *et al.* (2003) ont obtenu des coquilles plus épaisses (0,388 – 0,394 mm) lors de leurs travaux portant sur les croisements race locale et souche commerciale. Par ailleurs, selon Kempis *et al.* (2006), des œufs de poules de race Bovans à poids entier élevé (> 65,2 g) ont présenté des coquilles plus épaisses (0,353 mm).

Quant à la composition globale des œufs, le poids moyen de l'œuf est réparti en trois composantes : la coquille (9,5 %), le vitellus (26,5 %) et l'albumen (63 %). Cette répartition peut varier en fonction de l'origine génétique de la poule, de son âge et de facteurs de milieu. En effet, la part du vitellus a tendance à augmenter avec l'âge (INRA, 2010). Le poids moyen de l'œuf traduit l'activité anabolique des trois parties : vitellus, blanc et coquille (Rabenirina, 2004). Dans la présente étude, les portions moyennes de coquille ont été affectées significativement par l'incorporation du tourteau de cajou aux aliments de ponte.

Ainsi, les lots T1, T2 et T3 ont présenté les portions moyennes de coquille les plus élevées $9,50 \pm 0,36$ %, $9,70 \pm 0,62$ % et $8,62 \pm 0,80$ % respectivement. Ces valeurs se situent entre 8,50 et 10,5 % (Nys, 2010). La plus faible valeur est enregistrée avec l'aliment T0 ($7,59 \pm 1,85$ %). Moula *et al.* (2011) ont obtenu des pourcentages de coquille de $9,86 \pm 0,18$ et $10,90 \pm 0,18$ % à la semaine 40 et 60 de la souche Mia et $9,83 \pm 0,14$ et $10,15 \pm 0,16$ % à la semaine 40 et 60 de la souche Ri.

Tout comme les portions moyennes des coquilles, l'analyse statistique a révélé une différence significative ($p < 0,05$) entre $23,88 \pm 1,81$ et $29,71 \pm 2,85$ %. La formulation a eu un effet positif sur la portion moyenne du jaune. C'est pour cela que le lot T0 a enregistré la plus faible portion moyenne du jaune. L'incorporation du tourteau de cajou a amélioré significativement la portion du vitellus. Par ailleurs, un faible poids moyen des œufs serait lié à une portion élevée de jaune. C'est le cas en particulier des races locales à souvent un pourcentage élevé de vitellus est généralement attribué à leur faible poids d'œuf (INRA, 2010). Toutefois, ces valeurs sont inférieures à celle 32 % enregistrée lorsque Tixier-Boichard *et al.* (2006) croisent Fayoumi \times ISA Brown. Selon Beaumont *et al.* (2010), la proportion du jaune est le critère le plus souvent pris en considération en sélection commerciale. Ce caractère donne une idée sur la « valeur » de l'œuf.

Contrairement à la portion moyenne du jaune d'œufs, celle du blanc a baissé significativement avec l'incorporation du tourteau de cajou dans les aliments de ponte. C'est le lot T0 qui a enregistré la portion la plus élevée (68,56 %). Les portions d'albumen obtenues dans la présente étude sont plus que celles comprises entre 59,03 et 60,01 % déterminées par Moula *et al.* (2009) travaillant sur la composition des œufs.

Au cours de la conservation des œufs à l'air libre, certains paramètres de qualité de l'œuf ont été influencés. Ces paramètres sont parfois des critères d'acceptation des œufs sur le marché à savoir : la taille de l'œuf, la couleur de la coquille, le poids de l'œuf, la texture, la forme et l'état de la coquille mais aussi la qualité interne du jaune et du blanc de l'œuf (Saidou, 2005). Le poids moyen d'un œuf de consommation est de 58 g avec des extrêmes de 43 g et 74 g (Angrand, 1986). Les résultats des études montrent que les poids moyens des œufs des lots de poules alimentées avec les aliments sont compris entre $52,10 \pm 3,98$ et $55,03 \pm 3,04$ g. ces valeurs sont inférieures à celles obtenues par plusieurs auteurs notamment N'diaye (2002) qui a rapporté des poids moyens de 60,2 g pour les œufs du marché. Bijve (2006) a trouvé 57,74 g pour ceux du supermarché. En outre, elles seraient supérieures à celles des œufs du Niger (46,90 g) et du Ghana (48,89 g) (Saidou, 2005). Le poids de l'œuf est variable selon la race, l'alimentation, l'âge de la poule, les facteurs pathologiques, etc. (Angrand, 1986). Selon

Sauveur (1988), la différence des dimensions de l'œuf peut être liée à l'entrée en ponte de la poule, à la période de ponte et au taux protéique dans l'alimentation. En effet, il a constaté que tous ces facteurs peuvent avoir un impact sur la dimension des œufs. L'analyse statistique montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les poids moyens des œufs des traitements. Cela signifie que l'incorporation des taux de tourteaux de cajou (50 ; 95 et 100 %) dans les rations n'a pas significativement influencé le poids des œufs. Cependant, on note une tendance légèrement élevée pour le traitement T0 ($55,03 \pm 3,04$ g).

Les œufs ont été conservés à l'air libre durant dix (10) semaines. Les résultats montrent que les poids des œufs diminuent du premier jour de la conservation jusqu'à la dixième (10^{ème}) semaine de conservation. Ceci est valable pour tous les traitements. Au bout de dix (10) semaines, les poids ont diminué pour atteindre des valeurs comprises entre 49,66 et 51,56 g. Par ailleurs, les pertes de poids des différents lots enregistrées à la fin de la période de conservation sont plus élevées que celles de 2,71 – 6,91 % rapportées par Mouhoubi & Sahli (2018) qui travaillaient sur des œufs enrobés à coquille blanche conservés à des températures comprises entre + 4 et 30 °C. En outre, ces valeurs sont proches de celle de 9,02 % obtenue avec des œufs non enrobés, conservés à + 30 °C (Mouhoubi & Sahli, 2018). Au moment de la ponte, l'œuf est un système complexe soumis à plusieurs séries d'équilibres internes entre blanc et jaune. Après la ponte, il y a des pertes gazeuses qui sont surtout constituées par des vapeurs d'eau. Elles se traduisent par une perte de poids total de l'œuf mais aussi par un accroissement de la teneur relative en matière sèche du blanc qui peut croître par exemple de 11,5 à 12,5 % (Sauveur, 1988).

Les œufs des différents traitements ont été plongés dans de l'eau salinisée 10 % afin d'en évaluer la fraîcheur. Les résultats montrent qu'au-delà de quatre (4) semaines de conservation, tous les œufs se retrouvent en surface. Les œufs des poules nourries avec l'aliment T3 se conservent mieux que ceux des traitements T1, T2 et à leur tour que ceux du traitement T0. Au moment de la ponte, l'œuf ne comporte aucune chambre à air. Il est entièrement rempli par son contenu. Dès qu'il se refroidit, son contenu se contracte et l'air est attiré à l'intérieur de la coquille poreuse. Il se forme ainsi, entre les deux membranes de la coquille, un espace rempli d'air. Cet espace prend ordinairement naissance à l'extrémité la plus grosse de l'œuf. Il en est ainsi parce que la coquille est plus poreuse dans cette région. À mesure que l'œuf vieillit, il perd son humidité par les pores de la coquille et la chambre à air devient donc plus grande. Le poids spécifique de l'œuf peut être évalué en plongeant les œufs dans l'eau. Plus la hauteur de la chambre à air augmente, plus les œufs se redressent dans l'eau et flottent même dans les cas extrêmes. Les valeurs enregistrées à S4 sont proches de celles de Salifou (2007) qui sont de 61

% et de 65,3 % respectivement pour les œufs du marché et supermarché qui flottent en surface. Ces résultats confirment ceux de Salifou (2007). Pour lui, 32 % et 24 % des œufs du marché et supermarché sont fixés au fond du bécher en position verticale, le gros bout orienté vers le haut ; 0,7 % et 1,7 % des œufs du marché et supermarché sont entre deux eaux ; 6 % et 9 % des œufs du marché et supermarché sont sous l'eau ; 61 % et 65,3 % des œufs du marché et supermarché flottent en surface dans de l'eau salinisée 10 %. Cela peut s'expliquer d'une part, par le temps de stockage et d'autre part, l'augmentation de la chambre à air des œufs entraînant une diminution de leur densité par rapport à celle de la solution.

Pour l'analyse visuelle, les œufs ont été cassés chaque semaine puis observés. Il s'agissait d'évaluer le taux d'œufs intacts, le taux d'œufs dont le jaune et le blanc sont mélangés et le taux d'œufs qui ont subis une altération avancée (pourrie) durant les dix (10) semaines de conservation. Les résultats montrent que les œufs du traitement T1 sont restés intacts. Les œufs du traitement T0 ont subi une altération dès la première semaine de conservation jusqu'à la 10^{ème} semaine de la conservation. Les œufs des traitements T2 et T3 ont subi un début d'altération à partir de la 5^{ème} semaine de conservation. Les traitements T1 et T3 conservent donc mieux les œufs comparativement aux autres traitements (T0 et T2). Les aliments ayant un taux de tourteau de cajou supérieur ou égal à 95 % ont amélioré la durée de conservation avec 100 % d'œufs intacts dans les lots nourris aux aliments comprenant 100 % de tourteau de cajou. Le jaune et le blanc sont les parties comestibles de l'œuf. Ces parties ont été pesées ensemble puis le jaune d'œuf séparément. Les résultats montrent que les poids des parties comestibles du traitement T0 à la fin de la période de conservation est plus élevé que ceux des essais (T1, T2 et T3). Il ressort une tendance similaire pour les volumes des parties comestibles. Le poids du jaune d'œuf des poules ayant consommées les aliments à base de tourteau de cajou est supérieur à celui du témoin. Le poids et la proportion de vitellus des œufs conservés ont évolués de 11,33 à 5 g et de 19,62 à 9,09 % avec l'aliment T0. Le lot recevant l'aliment T1 a présenté des valeurs comprises entre 16,33 et 9,66 g et 32,20 à 19,56 %. Quant au lot de poules T2, il affiche des valeurs de poids comprises entre 15,33 et 0 g avec des proportions de 29,71 et 0 %. T3 donne des valeurs de poids allant de 14,33 à 0 g et de proportions comprises entre 28,14 à 0 %. Les proportions de vitellus enregistrées avec les œufs des poules recevant l'aliment T0 sont inférieures à celles obtenues par Benabdeldjalil & Mérat (1995) qui ont trouvés des proportions de jaune de 26,7 % et 32,8 % respectivement chez les souches ISA Brown.

Le plus répandu des critères relatifs à la qualité de l'albumen est la mesure des unités Haugh. Ce critère est considéré comme une marque de fraîcheur de l'œuf. Cependant, il dépend de l'âge de la poule (plus l'animal est âgé, plus les valeurs sont faibles) et des conditions de

stockage (température, ventilation...) (Beaumont *et al.*, 2010). Avec les aliments T0 et T1, les unités de Haugh sont supérieures à 30 à la 4^{ème} semaine de conservation (S4). Quant aux œufs des lots de poules recevant les aliments T2 et T3 les unités de Haugh sont inférieures à 30, ce qui justifierait la liquéfaction des blancs des œufs de ces lots. A partir de la S5, les unités de Haugh dans l'ensemble sont inférieures à 30. La hauteur de l'albumen épais exprimée en Unités de HAUGH diminue régulièrement en fonction du temps de stockage et ce d'autant plus rapidement que la température est plus élevée (Thapon *et al.*, 1994). Aussi, les valeurs enregistrées dans la présente étude sont inférieures à celles de Mouhoubi *et al.* (2018). Ces auteurs ont trouvé des unités de HAUGH qui varient entre 90,90 et 100,27 HU avec une moyenne de $96,46 \pm 2,49$ HU pour les œufs à coquille brune. Pour les œufs à coquille blanche, les valeurs sont comprises entre 86,85 et 99,56 HU avec une moyenne de $92,29 \pm 3,72$ HU.

Par ailleurs, la coquille constitue la partie non comestible de l'œuf. Elle représente environ 10 % de son poids total et seule partie non consommable de l'œuf. Elle est poreuse et fragile, elle est composée à 94 % de carbonate de chaux, de 1 % de carbonate de magnésium, de 1 % phosphate de calcium et de 4 % de matières organiques. Elle est faite de nombreux minuscules orifices. La coquille conserve la partie comestible de l'œuf, mais laisse passer l'humidité, les odeurs et l'air. Elle compte entre 6000 et 8000 pores à sa surface. Les minuscules trous de la coquille permettent aux poussins de respirer pendant leur formation. Elle est également une barrière contre les microbes. La coquille constitue la barrière de protection la plus importante. Les fêlures dans la coquille (œufs fêlés) ou les déchirures de la membrane coquillière (œufs cassés) sont des portes d'entrée possibles pour les germes. Au terme des 10 semaines de conservation, le poids moyen des coquilles du traitement T1 était de $4,66 \pm 0,75$ g. Ceux des traitements T2, T3 et T0 étaient respectivement de $4,56 \pm 0,50$; $4,37 \pm 1,08$ et $4,36 \pm 0,61$ g. L'analyse statistique a montré qu'il n'y a pas de différence significative ($p < 0,05$) entre le poids moyen de la coquille des différents traitements à la fin de la période de conservation. Les poids moyens des coquilles des œufs conservés sont inférieurs à ceux de certains auteurs tels que Mantsanga *et al.* (2016) qui sont de $5,42 \pm 0,64$ g pour la coquille du lot de poules nourries avec l'aliment complet et de $5,90 \pm 0,95$ g pour l'alimentation calcique séparée (ACS) puis de Netaf (2018) qui est de $7,02 \pm 0,91$ g pour les œufs des poules locales. Mais, ils restent supérieurs à ceux trouvés par Yaro (2011). Cet auteur a enregistré des poids de $3,93 \pm 0,86$ et $4,14 \pm 0,89$ g respectivement pour les coquilles des œufs des poules soumises aux rations contenant 2 % Néré et le témoin.

La membrane de la coquille se pose sur l'œuf dans l'oviducte, au niveau de l'isthme. La coquille calcifiée se forme sur la membrane de l'œuf. Tout défaut dans la membrane de la

coquille ou toute incapacité à obtenir un “effet repulpant” de l’albumen causera une calcification déficiente, une mauvaise structure et une coquille plus fragile (Hy-Line International, 2017).

L'épaisseur de la coquille relève de l'alimentation des poules et de facteur héréditaire. De plus, une bonne pondeuse aura une coquille plus mince. Dans la présente étude, l'épaisseur moyenne des coquilles d'œufs conservés est identique statistiquement pour tous les lots à la fin de la période de conservation. Les épaisseurs enregistrées sont inférieures à celles de Akouango (2014) qui est de $0,40 \pm 0,03$ mm au 2^{ème} mois de ponte, de $0,45 \pm 0,02$ mm au 6^{ème} mois de ponte et de $0,44 \pm 0,01$ mm au 11^{ème} mois de ponte. La coquille étant essentiellement constituée de calcaire notamment le carbonate de calcium, son épaisseur dépend du temps que l'œuf passe dans l'utérus et de la vitesse à laquelle le calcium est déposé (Nys & Gautron, 2005). Beaucoup de laboratoires et d'entreprises n'utilisent que l'épaisseur de la coquille comme indicateur de sa qualité. Toutefois, la coquille est une proto-céramique et ses propriétés fonctionnelles ne sont pas nécessairement reliées à son épaisseur. Une coquille plus souple peut absorber et tolérer plus d'impacts et d'autres forces physiques sans craquer. L'intégrité de la coquille dépend de sa structure et du style de dépôt du calcium (p. ex. la taille des cristaux et la répartition) pour former les différentes couches de la coquille.

Au terme de la période de conservation, la coloration jaune du vitellus a été dégradée en une coloration moins intense (jaune pâle) chez les lots T2 et T3 nourris avec des aliments composés de 50 et 95 % de tourteau de cajou. Les traitements ont eu un effet significatif sur la coloration jaune de l'œuf conservé pendant 10 semaines à l'air libre. Il existe de nombreuses causes de variabilité de l'efficacité pigmentaire des xanthophylles, notamment leur digestibilité dans le tractus digestif, la nature des modifications métaboliques qu'ils subissent dans l'animal, leur affinité pour les tissus cibles et leur teinte spécifique (Huyghebaert & Piesschaert, 2001). La tendance pourrait s'expliquer par le fait que les aliments expérimentaux étant composés de maïs jaune, de tourteau de cajou, de tourteau de coton et le tourteau de soja. La coloration de ces matières premières a eu un effet sur le jaune des œufs. Le maïs et le tourteau de soja ont une coloration qui tire sur le jaune quant aux tourteaux de cajou et coton, respectivement marron et vert. Ce qui justifierait la coloration des œufs des différents traitements. Par ailleurs, les poules sont incapables de synthétiser les caroténoïdes, mais les accumulent très facilement dans le jaune de l'œuf. Leur alimentation contient des pigments (présents dans les matières premières ou ajoutés) qui permettent d'ajuster la coloration du jaune d'œuf à la demande des consommateurs. Seules les xanthophylles (caroténoïdes présentant un groupement oxygène) ont un effet colorant (Sauveur *et al.*, 2000). N'étant pas capables de les synthétiser, les volailles

trouvent ces pigments rouges et jaunes dans leur alimentation sous forme de xanthophylles ou oxycaroténoïdes (Sirri *et al.*, 2007). La couleur du jaune est une autre caractéristique notable pour les consommateurs et les clients. La couleur est déterminée par la quantité et les types de pigments naturels ou synthétiques contenus dans l'alimentation de la poule et sa capacité à absorber et à assimiler ces pigments. Par conséquent, la couleur du jaune n'est pas un trait de sélection important pour les entreprises de génétique. L'obtention des proportions élevées de jaune d'œuf a un impact important sur la quantité totale de matière sèche de l'œuf (Hartmann *et al.*, 2003) ; ce qui constitue un critère essentiel dans l'utilisation industrielle de celui-ci (Flock *et al.*, 2001).

Il est bien connu que le jaune, riche en gras, contient la majorité de la matière sèche de l'œuf, de sorte que la sélection génétique indirecte pour la matière sèche se fait en augmentant la taille relative du jaune. Car elle est liée à un plus fort taux de matière sèche dans l'œuf et aussi à un apport plus important d'acides gras essentiels. Une proportion de jaune plus élevée peut être considérée comme favorable du point de vue de la valeur nutritive de l'œuf (Moula *et al.*, 2010 ; 2013). Par ailleurs, la conservation durant 10 semaines a entraîné une diminution de la portion du jaune quel que soit le lot considéré. Le lot T2 a enregistré la baisse la plus importante de portion de jaune. Le traitement a donc un effet sur la portion de vitellus. La proportion élevée du jaune est l'une des plus importantes qualités internes de l'œuf. C'est un excellent outil de comparaison pour évaluer et contrôler la teneur totale de matière sèche des produits commerciaux (Hy-Line International, 2017).

Comme la portion du jaune, celle de l'albumen des œufs conservés a baissé durant la conservation quel que le lot considéré. La plus importante baisse de portion d'albumen a été relevée chez le lot T2. Au contraire des portions moyennes de jaune et de blanc, celles des coquilles obtenues à la fin de la période de conservation sont statistiquement identiques d'un lot à l'autre. Les portions moyennes de coquilles de la présente étude (8,7 – 9,40 %) sont inférieures à celles trouvées par Moula (2018) qui sont de $11,33 \pm 0,03$; $12,03 \pm 0,03$ et $12,38 \pm 0,02$ % respectivement pour les œufs Industrielle et Industrielle croisée à Locale et Locale.

Bien que la coquille soit la seule partie non consommable de l'œuf, de nombreux chercheurs ont étudié l'utilisation biologique potentielle de ses différents composants. En effet, la coquille peut être utilisée comme source de calcium pour plusieurs préparations de sels calciques, tels que les citrates de calcium, les gluconates de calcium et les lactates de calcium (Daengprok *et al.*, 2002). Les coquilles d'œufs ont été valorisées dans de récentes études comme complément calcique, dans l'alimentation des poules pondeuse par Benammar (2019).

Conclusion partielle

L'étude a permis de mettre en évidence l'effet de l'incorporation du tourteau de cajou sur les paramètres de qualité des œufs. L'incorporation du tourteau de cajou n'affecte pas l'indice de forme des œufs, les poids et l'épaisseur des coquilles. Par contre, les paramètres tels que ; les poids moyens des œufs, les poids moyens des parties comestibles, le volume des parties comestibles, la coloration du jaune d'œuf, les poids moyens du jaune et du blanc, les portions du jaune et du blanc des œufs des aliments ont été affectés significativement ($p > 0,05$). Toutefois, des taux élevés ($> 95\%$) de tourteau de cajou dans les aliments ont permis d'avoir des résultats non satisfaisants. Le lot T2 (50 % tourteaux de cajou) a permis d'enregistrer des paramètres de qualité proche de celui du témoin (T0). Des études axées sur le taux d'incorporation devraient permettre de déterminer les limites d'incorporation du tourteau de cajou afin d'améliorer les paramètres de qualité des œufs de consommation des poules pondeuses au grand bonheur du secteur de la production animale, des éleveurs et des consommateurs. Les critères les plus utilisés par le consommateur pour l'acceptation des œufs sur le marché sont : la taille de l'œuf, la couleur de la coquille, le poids de l'œuf, la texture, la forme et l'état de la coquille mais aussi la qualité interne du jaune et du blanc de l'œuf. Cette étude a permis de conserver à l'air libre des œufs de poules pondeuses recevant différents aliments à base de tourteau de cajou. En outre, les paramètres tels que la perte de poids de l'œuf, la position des œufs dans l'eau salinisée 10 %, l'état des œufs, la perte de poids des parties comestibles, la baisse du poids du jaune et du blanc d'œuf, la hauteur du blanc et du vitellus, l'unité Haugh et la portion du jaune et du blanc ont été négativement influencés au cours de la conservation des œufs à l'air libre. Par contre, l'évolution des poids moyens des œufs, la coloration du vitellus, l'épaisseur de la coquille, le poids et la portion de la coquille n'ont pas été affectés au cours de la conservation des œufs à l'air libre. Les œufs des poules nourries avec l'aliment T1 conservent le mieux certains paramètres de qualité pendant les 10 semaines qu'ont duré les expérimentations. Il serait l'aliment qui pourra être conseillé aux producteurs d'œufs de consommation pour le maintien en bon état au cours de la conservation.

Chapitre 4 : Impact de l’incorporation du tourteau de cajou sur la rentabilité économique de la production de poules pondeuses (ISA Brown) en Côte d’Ivoire

Introduction

Dans cette partie, la rentabilité économique de la production a été calculée. Pour cela, le prix unitaire des matières premières ayant été utilisé pour la production des aliments a permis le calcul du coût des aliments consommés. Aussi, les dépenses relatives à la production ont été enregistrées ainsi que la vente des produits d’élevage.

1. Résultats

1.1. Prix unitaire des matières premières et additifs alimentaires

Le coût d’acquisition des matières premières et additifs alimentaires sur la ferme est renseigné dans le tableau 53. Le tourteau de cajou a été moins cher (300 fcfa / kg) par rapport à celui du tourteau de soja (400 fcfa / kg). Le tourteau de coton est le moins cher (200 fcfa) des protéines d’origine végétale. Quant à la farine de poisson local, elle a été achetée à 300 fcfa le kilogramme. Le maïs jaune a été acheté à 115 fcfa / kg. Le kilogramme de son de blé a été obtenu à 40 fcfa pendant que l’huile rouge de palme a coûté 550 fcfa le kilogramme. Le CMVp ponte, le fysal, le toxo, le sel (NaCl) et le coquillage d’huitre ont été achetés à 1380 fcfa, 1800 fcfa, 2400 fcfa, 100 fcfa et 38 fcfa le kilogramme respectivement.

Tableau 53 : Prix unitaire des matières premières et additifs alimentaires courant 2021

Matières premières et additifs alimentaires en 2021												
	Tcaj	Tsoj	Tcot	Fpois	Mjau	Sonb	HRP	CMVp	Fys	Tox	CoqH	Sel
Prix unitaire (fcfa / kg)	300	400	200	300	115	40	550	1380	1800	2400	40	100

Mat Pre : matière première ; Tcaj : Tourteau de cajou ; Tsoj : Tourteau de soja ; Tcot : Tourteau de coton ; Fpois : Farine de poisson local ; Mjau : Maïs jaune ; Sonb : Son de blé ; HRP : Huile rouge de palme ; PTNH : CMVp : Complexe minéraux vitaminés ponte; Fys : Fysal ; Tox : Toxo ; CoqH : Coquillage d’huitre ; fcfa : Franc de la communauté financière africaine.

1.2. Formulation et prix de revient des aliments

1.2.1. Aliment croissance

Le tableau 54 renseigne les prix indicatifs du kilogramme des matières premières utilisées pour la production des aliments (C0, C1, C2 et C3) et du prix du kilogramme de ces aliments distribués en phase croissance. Le prix du kilogramme des aliments distribués en période croissance a varié d’un aliment à un autre. Ainsi, les bas prix du kilogramme d’aliment ont été enregistrés avec les aliments C1 (162 fcfa) et C3 (162 fcfa). Les prix élevés du kilogramme d’aliment ont été obtenus dans les aliments C0 (181 fcfa) et C2 (171 fcfa).

Résultats et discussion

Tableau 54: Formulation et coût de production des aliments distribués en période de croissance

Matières premières	Prix indicatif (fcfa / kg)	Aliments			
		C0	C1	C2	C3
Tourteau cajou	300	-	19	9,5	18,05
Tourteau soja	400	19	-	9,5	0,95
Tourteau coton	200	-	-	-	-
Maïs jaune	115	60	60	60	60
Son de blé	40	17,8	17,8	17,8	17,8
CMV ponte	1380	1,3	1,3	1,3	1,3
Fysal	1800	0,3	0,3	0,3	0,3
Toxo	2400	0,2	0,2	0,2	0,2
Coquillage	38	1	1	1	1
Sel (NaCl)	100	0,4	0,4	0,4	0,4
Total (kg)		100	100	100	100
Coût (fcfa / 100 kg)		18104	16204	17114	16299
Prix (fcfa / kg)		181	162	171	162

C0 : Aliment avec 0 % tourteau de cajou ; C1 : Aliment avec 100 % tourteaux de cajou ; C2 : Aliment avec 50 % tourteaux de cajou ; C3 : Aliment avec 95 % tourteaux de cajou ; CMV : Complexe minéraux vitaminés.

1.2.2. Aliment pré-ponte

Dans le Tableau 55, sont consignés la formulation et le prix du kilogramme des paliments distribués en phase pré-ponte. Les plus bas prix du kilogramme d'aliment ont été enregistrés avec les aliments H3 (168 fcfa) et H1 (170 fcfa). Les aliments H0 et H2 ont enregistré 192 fcfa et 180 fcfa respectivement.

1.2.3. Aliment distribué en période de ponte

Le prix du kilogramme de l'aliment T0 était de 204 fcfa. Ceux des aliments T2, T1 et T3 ont été respectivement de 193 fcfa, 181 fcfa et de 180 fcfa respectivement. L'aliment T0 a été le plus coûteux comparativement aux aliments T2, T1 et T3. L'aliment T3 a été le moins coûteux (Tableau 56).

Résultats et discussion

Tableau 55: Formulation et coût de production du kilogramme d'aliment pré-ponte

Matières premières	Tarif indicatif (fcfa / kg)	Aliments			
		H0	H1	H2	H3
Tourteau de cajou	300	-	220	110	209
Tourteau de soja	400	220	-	110	-
Tourteau de coton	200	-	-	-	11
Maïs jaune	115	640	640	640	640
Son de blé	40	80	80	80	80
CMV ponte	1380	12,5	12,5	12,5	12,5
Fysal	1800	2,5	2,5	2,5	2,5
Toxo	2400	1,5	1,5	1,5	1,5
Coquillage d'huitre	38	40	40	40	40
Sel (NaCl)	100	3,5	3,5	3,5	3,5
Total (kg)		1000	1000	1000	1000
Coût de la tonne (fcfa / t)		192020	170020	180670	168920
Prix du kg (fcfa / kg)		192	170	180	168

H0 : Aliment avec 0 % tourteau de cajou ; H1 : Aliment avec 100 % tourteaux de cajou ; H2 : Aliment avec 50 % tourteaux de cajou ; H3 : Aliment avec 95 % tourteaux de cajou ; CMV : Complexe minéraux vitaminés.

Résultats et discussion

Tableau 56: Formulation de l'aliment ponte et coût du kilogramme d'aliment

Matières premières	Tarif indicatif (fcfa / kg)	Aliments			
		T0	T1	T2	T3
Tourteau de cajou	300	-	230	115	218,50
Tourteau de soja	400	230	-	115	-
Tourteau de coton	200	-	-	-	11,5
Maïs jaune	115	650	650	650	650
Farine de poisson local	300	7,5	7,5	7,5	7,5
CMV ponte	1380	12,5	12,5	12,5	12,5
Fysal	1800	2,5	2,5	2,5	2,5
Toxo	2400	1,5	1,5	1,5	1,5
Coquillage d'huitre	38	80	80	80	80
Sel (NaCl)	100	3	3	3	3
Huile de palme	550	13	13	13	13
Total (1000 kg)		1000	1000	1000	1000
Prix du kg (fcfa)		204	181	193	180

T0 : Aliment avec 0 % tourteau de cajou ; T1 : Aliment avec 100 % tourteaux de cajou ; T2 : Aliment avec 50 % tourteaux de cajou ; T3 : Aliment avec 95 % tourteaux de cajou ; CMV : Complexe minéraux vitaminés.

1.3. Coût de l'alimentation

1.3.1. Phase croissance

Le lot de poules pondeuses nourries avec l'aliment C0 a consommé 207,89 g d'aliment qui correspond à 37628 fcfa. Les lots C1, C2 et C3 ont consommé 190,67 g (30888 fcfa), 205,56 g (35150 fcfa) et 175,99 g (28334 fcfa) respectivement au cours de la phase croissance (Tableau 57). Le coût de production des aliments C3 et C1 ont été les moins coûteux.

Résultats et discussion

Tableau 57: Coût de production des aliments distribués en phase croissance

Indices	Aliments			
	C0	C1	C2	C3
IP / j (g)	2969,87	2723,9	2936,7	2514,2
Aliment consommé (kg)	207,89	190,67	205,56	175,99
Prix du kg (fcfa/kg)	181	162	171	161
CPPc (fcfa)	37628	30888	35150	28334

C0 : 0 % de tourteau de cajou ; C1 : 100 % de tourteau de cajou ; C2 : 50 % de tourteau de cajou ; C3 : 95 % de tourteau de cajou ; IP / j : Ingéré d'aliment par jour ; CPPc : Coût de production de l'aliment croissance ; fcfa : Franc de la communauté financière africaine.

1.3.2. Phase pré-ponte

Les coûts de production des aliments H0, H1, H2 et H3 ont été 14327 fcfa, 10506 fcfa, 12724 fcfa et de 9085 fcfa respectivement. Les aliments H0 et H2 ont été les plus coûteux par rapport à celles H1 et H3 (Tableau 58).

Tableau 58: Coût de production des aliments distribués en phase pré-ponte

Indice	Aliments			
	H0	H1	H2	H3
CMP / j / sujet (g)	78,97	65,4	74,81	57,23
Aliment consommé (kg)	74,62	61,80	70,69	54,08
Prix / kg (fcfa / kg)	192	170	180	168
CPPpp (fcfa)	14327	10506	12724	9085

CMP : Consommation moyenne d'aliment ; H0 : 0 % de tourteau de cajou ; H1 : 100 % de tourteau de cajou ; H2 : 50 % de tourteau de cajou ; H3 : 95 % de tourteau de cajou ; CPPpp : Coût de production de l'aliment pré-ponte ; fcfa : Franc de la communauté financière africaine.

1.3.3. Phase de ponte

Durant la ponte, les aliments distribués ont été estimés à 197563 fcfa (T0), 128671 fcfa (T1), 171891 fcfa (T3) et 123300 fcfa (T3). Il ressort de cette étude que l'aliment T3 a été le moins cher par rapport aux autres aliments T0, T1 et T2 (Tableau 59).

Résultats et discussion

Tableau 59: Coût de production de l'aliment ponte distribué au cours de cette phase

Indices	Aliments			
	T0	T1	T2	T3
qtp / j (g)	4192,45	3077,47	3855,58	2965,39
Aliment consommé (g)	968,45	710,89	890,63	685
Prix du kg (fcfa)	204	181	193	180
CPPp (fcfa)	197563	128671	171891	123300

qtp : Quantité d'aliment ; T0 : 0 % de tourteau de cajou ; T1 : 100 % de tourteau de cajou ; T2 : 50 % de tourteau de cajou ; T3 : 95 % de tourteau de cajou ; CPPp : Coût de production de l'aliment pré-ponte ; fcfa : Franc de la communauté financière africaine.

1.4. Vente des produits d'élevage

Les produits d'élevage ont été vendus et rangés dans chaque lot. La VPE du lot T0 a été 551056 fcfa. Celles des lots T1, T2 et T3 ont été de 297900 fcfa, 485039 fcfa et de 328898 fcfa respectivement. La VPE du lot T1 a été la plus faible par rapport à celles des lots T3, T2 et T0 (Tableau 60).

Tableau 60: Vente des produits d'élevage

Indices	Aliments			
	T0	T1	T2	T3
Nbr œuf vendu	6420	2578	5475	2998
Prix plateau (fcfa)	2000	2000	2000	2000
Vente œufs (fcfa)	428056	171900	365039	199898
Poules vivantes	41	42	40	43
Prix unitaire (fcfa)	3000	3000	3000	3000
Vente poule (fcfa)	123000	126000	120000	129000
VPE (fcfa)	551056	297900	485039	328898

T0 : 0 % de tourteau de cajou ; T1 : 100 % de tourteau de cajou ; T2 : 50 % de tourteau de cajou ; T3 : 95 % de tourteau de cajou ; Nbr : Nombre ; VPE : Vente des produits d'élevage ; fcfa : Franc de la communauté financière africaine.

1.5. Marge bénéficiaire brute et rentabilité économique de la production

Le lot T0 a obtenu une marge bénéficiaire brute de 192760 fcfa. Celle des lots T1, T2 et T3 a été de 19275 fcfa, 157205 fcfa et 59687 fcfa respectivement. Les faibles marges bénéficiaires ont été obtenues avec les lots T1 (19275 fcfa) et T3 (59687 fcfa) (Tableau 61).

Le lot T0 a affiché une rentabilité de 1,53. Quant aux T1, T2 et T3, les rentabilités respectives de la production ont été de 1,06 ; 1,47 et de 1,22. Dans l'ensemble, toutes les productions ont été rentables. La faible rentabilité a été enregistrée avec le lot T1 (1,06).

Tableau 61: Marge bénéficiaire brute et rentabilité économique

Indices	Aliments			
	T0	T1	T2	T3
VPE (fcfa)	551056	297900	485039	328898
Total investi (fcfa)	358296	278625	327834	269211
MBB (fcfa)	192760	19275	157205	59687
RE	1,53	1,06	1,47	1,22

T0 : 0 % de tourteau de cajou ; T1 : 100 % de tourteau de cajou ; T2 : 50 % de tourteau de cajou ; T3 : 95 % de tourteau de cajou ; VPE : Vente des produits d'élevage ; MBB : Marge bénéficiaire brute ; fcfa : Franc de la communauté financière africaine ; RE : Rentabilité économique ; PPC : Part de l'aliment consommé.

1.6. Part du coût de l'aliment du coût global de production

La part du coût de l'aliment dans le coût global de la production des œufs a varié d'un lot à un autre. L'aliment T0 (contre 30,13 %) a présenté la part la plus élevée (69,87 %). Elle est suivie de T2 (67,01 % contre 32,99 %).

Les aliments T1 et T3 ont présenté des coûts de production de 61,25 % et 60 % (figure 40) des autres parts, respectivement. En outre, le plus faible taux a été enregistré avec l'aliment T3.

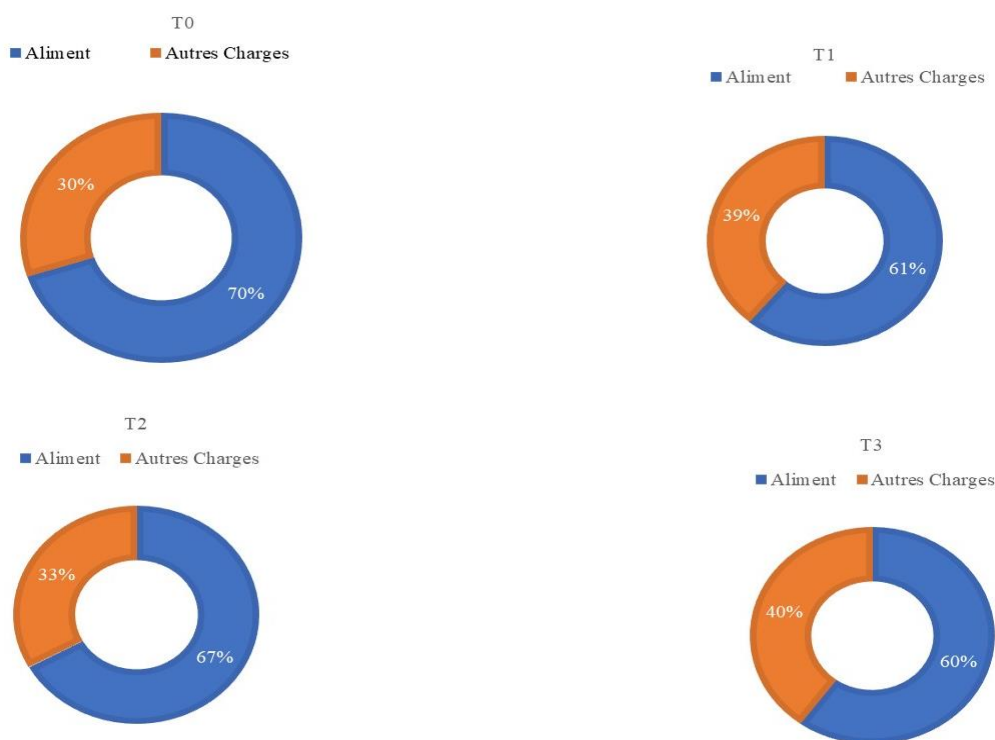


Figure 40 : Part du coût de l'aliment dans le coût global de la production

T0 : 0 % de tourteau de cajou ; T1 : 100 % de tourteau de cajou ; T2 : 50 % de tourteau de cajou ; T3 : 95 % de tourteau de cajou

2. Discussion

Les formulations utilisées au cours de cette étude sont différentes par les taux d'incorporation des sources de protéines végétales. Ainsi, dans les aliments C0, H0 et T0 la seule source de protéine végétale était le tourteau de soja. Quant aux aliments C1, H1 et T1, une seule source de protéine végétale, le tourteau de cajou a été également utilisée. Les aliments C2, H2 et T2 ainsi que C3, H3 et T3 ont eu recours à deux (2) sources de protéines végétales. Les tourteaux de cajou et soja ont été incorporés à proportion égales (50 % de chaque) pour C2, H2 et T2. Les tourteaux de cajou et de coton ont été utilisés selon un rapport cajou / coton de 95 / 5 pour les aliments C3, H3 et T3. Les autres matières premières et additifs ont été utilisés de façon identique à chaque phase physiologique (croissance, pré-ponte et la ponte).

Par ailleurs, la variation des coûts d'acquisition des matières premières protéiques s'expliquerait en partie par l'origine de ces matières. À l'échelle des filières animales, la recherche d'autonomie alimentaire est un thème majeur pour les élevages de demain, en lien avec les attentes sociétales. L'autonomie peut se décliner au niveau massique, énergétique et protéique, et peut être appréciée à différents périmètres géographiques : l'atelier, l'élevage, le canton, la région jusqu'à une échelle nationale (CNIEL & IDELE, 2015). Ainsi, le tourteau de cajou ayant servi a été produit sur la ferme à partir des co-produits d'amandes de cajou collectés auprès des entreprises basées à Abidjan en Côte d'Ivoire. Quant au tourteau de soja, il est importé et acheté dans le commerce. Le tourteau de coton est acheté dans le commerce mais il a été produit en Côte d'Ivoire. Les prix de certains coproduits, comme les tourteaux, sont basés sur le marché mondial (Chapoutot *et al.*, 2019) et peuvent varier fortement, parfois de manière imprévue, pour diverses raisons (disponibilités en surfaces, prévisions de récolte, intempéries, facteurs géopolitiques...). Cependant, au-delà de l'intérêt zootechnique, économique, environnemental et sociétal des coproduits favorisant leur utilisation en alimentation animale, les délais pour conquérir facilement ces marchés peuvent varier fortement d'un coproduit à l'autre et sont parfois indépendants de leur disponibilité actuelle (Halmemies-Beauchet-Fuilleau *et al.*, 2018). Le tourteau de soja fait, en général, office d'étalon pour les coproduits azotés.

Le faible prix du kilogramme des aliments à base du tourteau de cajou peut s'expliquer en partie par sa disponibilité. Ce prix est inférieur à ceux de 207,66 F CFA / kg (régime témoin) et 219,052 F CFA / kg (Régime expérimental) rapport par Ouattara *et al.* (2014) lors de leur étude sur les effets des graines torréfiées de *Vigna unguiculata* (niébé) comme source de protéines, dans l'alimentation des poules locales en ponte au Burkina Faso, sur leurs performances zootechniques et la rentabilité économique des régimes. Selon Chapoutot *et al.* (2019),

lorsqu'un coproduit est disponible et que sa valeur alimentaire et les recommandations d'utilisation sont confirmées, il convient de vérifier la pertinence économique de son introduction dans un système alimentaire donné. C'est à cette fin que l'estimation de la rentabilité économique des aliments à base de tourteau de cajou a été envisagée.

Les bas prix du kilogramme des aliments à base de tourteaux de cajou sont un atout pour leur utilisation dans la production de poules pondeuses. D'ailleurs, une réduction du coût de production des aliments a été enregistrée suite à l'incorporation du tourteau de cajou dans les formulations.

Les faibles coûts de production des aliments à base de tourteau de cajou au cours de cette étude peuvent s'expliquer par le bas niveau de consommation des aliments dans ces lots d'une part et des faibles prix du kilogramme des aliments d'autre part. Ainsi, le tourteau de cajou a permis de produire à moindre coût les aliments distribués (croissance, pré-ponte et ponte).

En outre, la vente des produits d'élevage a été affectée par l'incorporation du tourteau de cajou aux aliments. En effet, la vente des produits d'élevage (VPE) du lot T1 a été la plus faible par rapport à celles des lots T3, T2 et T0. Ces résultats pourraient s'expliquer par les faibles performances de ponte. Dans ce lot, le nombre d'œufs commercialisés (2578 œufs) a été le plus faible par rapport aux autres lots T0 (6420 œufs), T2 (5475 œufs) et T3 (2998 œufs) sur la période de 33 semaines.

La faible rentabilité a été enregistrée comme on pouvait s'y attendre avec le lot T1. Ce résultat pourrait s'expliquer par la faible marge bénéficiaire que génère ce lot de poules. Dans l'ensemble, la production a permis de générer une marge bénéficiaire (19275 – 192760 fcfa). Ainsi, la production des œufs de consommations avec des aliments à base de tourteau de cajou permettra une rentabilité économique conséquente. Les rentabilités économiques déterminées dans cette étude ont été supérieures à celles comprise entre 0,65 et 0,68 rapportées par Silué *et al.* (2020) lors de leur étude sur les performances zootechniques, économiques et qualité physique des œufs des poules soumises à des régimes alimentaires apportant différentes concentrations de tourteau d'amandes de noix de cajou (Côte d'Ivoire). Aussi, ces valeurs ont été supérieures à 0,5 pour tous les lots (T0, T1, T2 et T3). Par conséquent, la production a été rentable d'après la théorie de Perrin *et al.* (1979). Ces résultats assurent la pérennité, le réinvestissement et l'amélioration des productions. Pour survivre de façon durable, une entreprise doit optimiser ses facteurs de production et en tirer des excédents et des avantages. La rentabilité est la première condition nécessaire, mais non suffisante de sa survie. La notion de rentabilité paraît en première analyse très simple : le capital génère un profit, et donc le rapport entre le capital et le profit se traduit par un taux de rentabilité. Elle traduit donc le

rapport entre le revenu obtenu ou prévu et les ressources employées pour l'obtenir. La notion s'applique notamment aux entreprises mais aussi à tout autre investissement. La rentabilité représente alors l'évaluation de la performance de ressources investies par des investisseurs (FAO, 2005). Elle découle donc de la comparaison entre les produits et les charges, éléments du compte de résultats. Cette comparaison permet de dégager le résultat de la production : un bénéfice lorsque les produits sont supérieurs aux charges, une perte dans la situation inverse (Pacioli, 2013). Dans la présente étude, un bénéfice a été enregistré quelle que soit l'aliment ou le lot utilisé.

Selon Chiba (2014), le coût des aliments représente 60 - 75 % du coût total des productions. La part du coût de l'aliment dans le coût global de la production a varié allant de 60 à 69,87 %. Cette étude confirme l'assertion selon laquelle le coût de l'aliment représenterait 60 - 75 % voire 2 / 3 du coût d'investissement global. Toutefois, la faible part du coût de production de l'aliment constatée avec l'aliment T3 (60 %) serait d'une à la supplémentation de ce régime avec le tourteau de coton. Les tourteaux de cajou et de coton, étant des tourteaux obtenus à partir des déchets industriels locaux, ont eu à modifier les prix du kilogramme des aliments à chaque phase physiologique. Comme conséquence, il y a une diminution du coût d'investissement du lot de poules recevant l'aliment T3.

Conclusion partielle

La valorisation du tourteau de cajou en alimentation de poules pondeuses a permis de réduire le coût de production des aliments. Les aliments T3 et T1 ont été les moins cher. Dans l'ensemble, tous les aliments ont permis d'enregistrer une rentabilité supérieure à 1. L'incorporation de tourteau de cajou dans les aliments de poules pondeuses est rentable. Elle permet de générer des revenus pour tous les acteurs tant de la filière cajou que du secteur avicole particulièrement les producteurs de poules pondeuses et d'œufs de consommation. Des études devraient permettre d'améliorer les résultats technico-économiques à la grande satisfaction des producteurs de poules pondeuses et des œufs de consommation.

Conclusion générale, recommandations et perspectives

Conclusion générale

Le travail a porté sur les effets de l'incorporation du tourteau de cajou (*Anacardium occidentale* L) dans l'alimentation de pondeuses (ISA Brown) sur les performances zootechniques, économiques et qualité des œufs. Il s'est agi de produire et de caractériser des aliments à base de tourteau de cajou pour l'alimentation des pondeuses aux fins d'évaluer leur rentabilité économique. Les résultats ont révélé que le tourteau de cajou produit renferme des éléments nutritifs (protéines, matière grasse, énergie métabolisable, vitamines, acides aminés essentiels et minéraux) qui font de lui une matière première valorisable en alimentation animale notamment des pondeuses. Par ailleurs, l'incorporation du tourteau de cajou à des taux variables (0 ; 50 ; 95 et 100 %) comme principale source de protéines végétales dans les aliments de croissance, pré-ponte et de ponte a permis de produire des aliments riches en éléments nutritifs nécessaires à la viabilité des pondeuses. En phase de croissance, les aliments à base de tourteau de cajou ont permis d'enregistrer dans tous les lots, une augmentation de la croissance pondérale (allant de 469,2 à 1325 g), du gain moyen quotidien ($8,51 \pm 8,13$ à $12,90 \pm 6,03$ g / j) et de l'ingéré alimentaire ($2514,20 \pm 388,50$ à $2969,87 \pm 478,54$ g). Aussi, l'indice de consommation qui n'a pas varié quel que soit l'aliment est un bon indicateur d'une alimentation équilibrée. En phase de pré-ponte, l'usage du tourteau de cajou a amélioré l'indice de consommation (IC) et le taux de mortalité (TM) des poulettes. En addition, les gains moyens quotidiens des lots H1 et H3 ont présenté des valeurs statistiquement ($p > 0,05$) identiques. Toutefois, ces aliments ont enregistré des consommations moyennes relativement faibles. Concernant la phase de ponte, la valorisation du tourteau de cajou a permis d'améliorer la semaine d'entrée en ponte (SEP) et le taux de mortalité (TM) des pondeuses. Des taux élevés (> 95 %) du tourteau de cajou dans les aliments T1 et T3 ont affecté négativement le nombre d'œufs pondus par jour et le taux de ponte. Il en est de même pour le poids moyen des œufs, le taux de mortalité et l'indice de consommation. Au niveau des paramètres de qualité des œufs, l'incorporation du tourteau de cajou n'affecte pas l'indice de forme, les poids et l'épaisseur des coquilles. A l'inverse, les poids moyens des œufs, les poids moyens des parties comestibles, le volume des parties comestibles, la coloration du jaune d'œuf, les poids moyens du jaune et du blanc, les portions du jaune et du blanc des œufs ont été significativement ($p < 0,05$) affectés. Toutefois, le lot T2 (50 % tourteaux de cajou) a permis d'enregistrer des paramètres de qualité proche de celui du témoin (T0). Au cours de la conservation des œufs à l'air libre, seuls la coloration du vitellus, l'épaisseur de la coquille, le poids et la portion de la coquille n'ont pas été affectés.

La valorisation du tourteau de cajou en alimentation de poules pondeuses a permis d'enregistrer une rentabilité économique supérieure à 1. La proportion de 50 % d'incorporation dans les aliments de pondeuses est la plus rentable en comparaison aux autres. Elle permettra de générer des revenus pour tous les acteurs tant de la filière cajou que du secteur avicole particulièrement les producteurs de pondeuses et d'œufs de consommation. En outre, les aliments C2, H2 et T2 pourraient leur être conseillé aux phases respectives de croissance, pré-ponte et ponte des pondeuses.

Recommandations

La production du tourteau de cajou permettra à la Côte d'Ivoire d'être sur la voie de l'autonomisation en termes de matières premières protéiques longtemps importées. Nous recommandons donc aux éleveurs et producteurs d'œufs de consommation, l'incorporation du tourteau de cajou dans les aliments des pondeuses. Ceci leur permettra d'une part de réduire le coût de production des aliments des pondeuses et d'autre part d'améliorer leurs revenus.

Perspectives

En perspectives, il serait souhaitable :

- de déterminer l'impact éventuel de l'incorporation de tourteau de cajou dans l'alimentation des poules sur la composition biochimique des œufs ;
- d'étendre cette étude à d'autres animaux d'élevage ;
- de déterminer le taux optimal d'incorporation du tourteau de cajou dans les aliments des pondeuses afin d'améliorer les paramètres de qualité des œufs de consommation.

Références

Références

- Adou C.F.D., Brou G.K.G & Soro Y.R. (2019). Influence du niveau technique des aviculteurs sur la productivité et la rentabilité des élevages de poules pondeuses dans le district d'Abidjan (Côte d'Ivoire). *American Journal Innovative Research & Applied Sciences*, 9 (5) : 473 - 481.
- Aguilar M.I. (2004). HPLC of peptides and proteins: Methods and protocols. *Methods in Molecular Biology. Humana Press*, 251 (1) : 8.
- Agriculture & Agroalimentaire Canada. (2006). Portrait de l'industrie avicole canadienne, Agriculture et Agroalimentaire Canada. *Agronomie Suisse*, 10 (7-8) : 268 - 275.
- Akouango F., Mouango F. & Ganongo G. (2004). Phénotypes et performances d'élevage chez des populations locales de volailles à Brazaville. *Cahiers Agriculture*, 13 (3), 257 - 262.
- Akouango P. (2014). Evolution quantitative et qualitative des composantes de l'œuf pendant les trois phases de ponte chez la poule. *Journal of Applied Biosciences*, 74 : 6080 - 6085.
- Alders R. (2005). L'aviculture : source de profit et de plaisir. Brochure de la FAO sur la diversification, Rome (Italy), 41 p.
- Aliyu H. (2007). Clonal propagation in cashew (*Anacardium occidentale*): Effect of rooting media on the root-ability and sprouting of air-layers. *Tropical Science*, 47 (2) : 65 - 72.
- Andrianalison S. (2008). Modélisation mathématique de la qualité de l'œuf et de la performance de ponte, cas des Hy-Line Brown de 22 à 27^{ème} semaines d'âge, nourries avec un régime contenant de la poudre de graine *d'Hertiera littoralis*. Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies, Département Eaux et Forêts, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Université d'Antananarivo, (Antananarivo, Madagascar), 65 p.
- Andrianaivalona H.P. (2015). Optimisation de la qualité des produits finis au sein d'une provenderie cas de la société AGRIVAL S.A. Mémoire de fin d'étude, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Département Industries Agricoles et Alimentaires, Université d'Antananarivo, (Antananarivo, Madagascar), 83 p.
- Angrand A. (1986). Contribution à l'étude de la qualité commerciale des œufs de consommation de la région de Dakar (Sénégal). Thèse de Doctorat en Médecine Vétérinaire, Faculté Médecine et Pharmacie, Université de Dakar (Sénégal), 158 p.
- Annelies B. (2019). Les oléagineux comme alternatives aux protéines importées. *Recherche Agronomie Suisse*, 10 (7 - 8) : 268 - 275.
- ANSES (2008). Table CIQUAL 2008. French food composition table. Agence nationale de sécurité sanitaire, de l'alimentation, de l'environnement et du travail. <http://www.anses.fr>. Consulté le 11/06/2023.

Références

- ANSES (2020). Table de composition nutritionnelle des aliments, Ciqual. <https://ciqual.anses.fr>. Consulté le 07/01/2023.
- APAnews (2023). Côte d'Ivoire: environ 22 % de la production de noix de cajou transformée en 2022. <https://fr.apanews.net>. Consulté le 03/08/2023.
- AOAC (1990). Official Methods of Analysis. 15th Edition, Association of Official Analytical Chemist, Washington DC, Etats Unis: 200 - 210.
- Aremu M.O., Olonisakin A., Bako D.A. & Madu P.C. (2006). Compositional studies and physicochemical characteristics of cashew nut (*Anarcadium occidentale*) flour. *Pakistan Journal of Nutrition*, 5(4) : 328 - 333.
- Atia A. (2019). La situation d'élevage avicole cas de poule pondeuse œuf de consommation dans la région du Souf. Mémoire de Master Académique, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Département d'Agronomie, Université Echahid Hamma Lakhdar d'El-Oued, (El-Oued, Algérie), 137 p.
- Atteh J.O. (2002). Principles and practice of livestockfeed manufacturing. Adlek Printers, Sabon-Line, Ilorin, Kwara state, Nigeria, 64: 1-217.
- Ayssiwede S.B., Chrysostome C., Ossebi W., Dieng A., Hornick J.L. & Missohou A. (2010). Utilisation digestive et métabolique et valeur nutritionnelle de la farine de feuilles de *Cassia tora* (Linn.) incorporée dans la ration alimentaire des poulets indigènes du Sénégal. *Revue Médecine Vétérinaire*, 161 (12) : 549 - 558.
- Ayssiwédé S.B., Dieng A., Houinato M.R.B., Chrysostome C.A.A.M., Issay I., Hornick J.L. & Missohou A. (2013). Elevage des poulets traditionnels ou indigènes au Sénégal et en Afrique subsaharienne : état des lieux et contraintes. *Annale de Médecine Vétérinaire*, 157: 103 - 119.
- Azman M.A. & Yilmaz M. (2005). The growth performance of broiler chicks fed with diets containing CSM supplemented with Lysine. *Revue Medecine Vétérinaire*, 156 (2) : 104 - 106.
- Balnave D.J. & Bracke J. (2005). Nutrition and management of heat-stress pullets and laying hens. *Worfd's Poultry Science Journal*, 61(3) : 399 - 406.
- Bamba M. (2019). Filières de production animale en CÔTE D'IVOIRE : Dynamiques et projets de développement. Rapport de stage pour l'obtention du Certificat (CEAV), au Service Économique Régional-Pôle Affaires Agricoles à l'Ambassade de France en Côte d'Ivoire, VetAgro Sup-Campus Agronomique, Ecole Nationale des services Vétérinaires, (Lempdes, France), 56 p.

Références

- Bankole A.A. (2000). Contribution à l'étude des caractéristiques de la production des œufs de consommation dans la région de Dakar. Thèse de Doctorat de Médecine Vétérinaire, Université Cheikh Anta Diop (UCAD), (Dakar, Sénégal), 90 p.
- Bastianelli D. & Rudeaux F. (2003). L'alimentation du poulet de chair en climat chaud. 70 – 76) : La production de poulets de chair en climat chaud - Paris : ITAVI, Paris (France), 109 p.
- Bastianelli D.C., Fermet Q.E., Hervouet C., Domenech S., Bonnal L. & Friot D. (2005). Qualité des aliments pour volailles en Afrique de l'Est. Intérêt de la spectroscopie dans le proche infrarouge (SPIR) pour l'estimation de leur composition. *Sixièmes Journées de la Recherche Avicole*, S^t Malo, 30 - 31 mars 2005, (Saint Malo, France), pp 184 -188.
- Bastianelli D., Omari RE., Bonnal L. & Grinaud P. (2009). Qualité des matières premières destinées à l'alimentation des volailles : Résultats d'une étude en Afrique de l'Est. Perspectives pour la gestion de la variabilité des matières premières. *Revue Africaine de Santé et de Productions Animales*, 7 : 33 - 40.
- Beaumont C., Calenge F., Chapuis H., Fablet J., Minvielle F. & Tixier-Boichard M. (2010). Génétique de la qualité de l'œuf. *INRA Production Animale*, 23 (2) 123 - 132.
- Bede N.E. (2015). Disponibilité potentielle et valorisation des sous produits agro-industriels pour l'élevage des poissons en Côte d'Ivoire. Mémoire de Licence, Option : Rurale, UFR-SGE Sciences et Gestion de l'Environnement, Université Nangui Abrogoua, (Abidjan, Côte d'Ivoire), 53 p.
- Bedrane M.A. (2016). Alimentation et besoins alimentaires des poules pondeuses. *Agronomie Info*, 9 p. www.google.com/amp/s/agronomie.info/fr/alimentation-besoins-alimentaires-de-poule-pondeuse/amp/. Consulté le 08/05/2023.
- Benabdeljelil K. & Mérat P. (1995). Comparaison de types génétiques de poules pour une production d'œufs locale : F1 (Fayoumi x Leghorn) et croisement terminal ISA au Maroc. *Annales de Zootechnie*, 44 (3) : 313 - 318.
- Benabdeljelil K., Lahbabi S. & Bordas A. (2003). Animal resources comparison of crosses including a local breed or an experimental line to a commercial control for egg production in Morocco. *Revue d'Élevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux*, 56 : 193 - 198.
- Benammar E. (2019). Valorisation des coquilles d'œufs de consommation, comme complément calcique, dans l'alimentation des poules pondeuses : Effets sur la qualité des œufs.

- Mémoire de Master, Département des Sciences Agronomiques, Université Alkli Mohand Oulhadj – Bouira, (Bouira, Algérie), 92 p.
- Bernard D. (2017). Les races de poules. *Revue d’Ethnoécologie*, 12 : 1 - 8.
- Bessadok A., Khochilef I. & Gazzah M. (2003). Etat des ressources génétiques de la population locale du poulet en Tunisie. *Tropicultura*, 21 (4) : 167 - 172.
- Bijve Y. (2006). Etude de l’évolution des œufs de consommation dans les conditions de stockage naturelles. Thèse de de Doctorat en Médecine Vétérinaire, Faculté de Pharmacie et d’Odonto-Stomatologie, Université Cheick Anta Diop, (Dakar, Sénégal), 133 p.
- Billion-Rey F., Guillaumont M., Frederich AY., Aulagner G. (1993). Stability of fat soluble vitamins A (retinol palmitate), E (tocopherol acetate), and K1 (phylloquinone) in total parenteral nutrition at home. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 17 (1) : 56 - 60.
- Biotech Rouen. (2010). HPLC Principe et appareillage. Rouen, France : Biotechnologie & Biologie et Physiopathologie humaine - Académie de Rouen. http://biotech.spip.ac-rouen.fr/IMG/article_PDF/HPLC-Principe-et-ppareillage_a9.pdf (consulté le 3 mai 2022).
- Boina A. (2011). Utilisation digestive des aliments concentrés chez les volailles. Mémoire de Master I, en Biologie Animale / Écologie, Faculté des Sciences, Option : Physiologie Appliquée à la Nutrition Animale, Université da Mahajanga, (Mahajanga, Madagascar), 68 p.
- Boonkasem P., Sricharoen P., Techawongstein S. & Chanthai S. (2015). Determination of ascorbic acid and total phenolics related to the antioxidant activity of some local tomato (*Solanum lycopersicum*) varieties. *Der Pharma Chemica*, 7 : 66 – 70.
- Boudouma D. (2007). Valeur nutritionnelle du son de blé chez le poulet de chair soumis au stress thermique. *Cahiers Agricultures*, 16 (6) : 465 - 468.
- Bourre J.M. (2005). L’œuf naturel multi-enrichi : des apports élevés en nutriments, notamment acides gras Oméga-3, en vitamines, minéraux et caroténoïdes. *Médecine et Nutrition*, 41(3) : 116 - 134.
- Bouvarel I., Nys., Panheleux M. & Lescoat P. (2010). Comment l’alimentation des poules influence la qualité des œufs. *INRA Productions Animales*, 23 : 167 - 182.
- Britzman D. (1994). On refusing explication: A nonnarrative narrativity. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association. New Orleans, LA, 248 p.

Références

- Bruinsma J. (2003). *World Agricultural: Towards. An FAO perspective*, Rome, Earthscan, 434 p.
- Cayot P. (2021). Substituts à la viande : formulations et analyse comparée. 2ème partie : les apports en micronutriments. Viandes et Produits Carnés. *Hal Open Science*, 3736 : 1 - 7.
- Chadare F.J., Linnemann A.R., Hounhouigan J.D., Nout M.J.R. & van Boekel M.A.J. S. (2009). Baobab food products: a review on their composition and nutritional value. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 49 (3) : 254 - 274.
- Chancy M. (2005). Identification des créneaux potentiels dans rurales haïtiennes : Filière avicole intensive–Poulets de chair – Haïti ministère de l’Agriculture des Ressources Naturelles et de Développement Rural, 21 p.
- Chapoutot P., Rouillé B., Sauvart D. & Renaud B. (2019). Les coproduits de l’industrie agro-alimentaire : des ressources alimentaires de qualité à ne pas négliger. *INRA Productions Animales*, 31(3) : 201 - 220.
- Chiba L.J. (2014). Animal nutrition handbook. Section 12 : Poultry nutrition and feeding. *Animal Nutrition Handbook*, 410 – 425.
- Chirinang P. & Intarapichet K.O. (2009). Amino acids and antioxidant properties of the oyster mushrooms, *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus sajor-caju*. *Science Asia*, 35 : 326 - 331.
- CIRAD & GRET. (2002). Mémento de l’agronome, Ministère Français des Affaires Étrangères, 5^{ème} édition, Montpellier (France), 1691 p.
- CNIEL. & IDELE. (2015). Observatoire de l’alimentation des vaches laitières. Description des 8 principaux systèmes d’élevage. Edition Celagri, France : 1 - 41.
- CNRA. (2014). Programme production d’élevage. <https://cnra.ci/wp-content/uploads/2021/12/16-Progr-PEL-2020-2023-VF.pdf>
- Coly M.L. (2016). Etude des caractéristiques morphologiques et de la germination des noix de *Anacardium occidentale* L. de la région de Ziguinchor. Mémoire de Master, option Foresterie et Environnement pour une Gestion Durable des Ressources Naturelles, Ecole Nationale Supérieure d’Agriculture (Ensa), Université de Thiès (Sénégal), 57 p.
- Coquerelle G. (2000). Les poules : diversité génétique visible. *INRA Editions, Versailles, France*, Paris Cedex, 20 p.
- Daengprok W., Garnjanagoonchorn W. & Mine Y. (2002). Fermented pork sausage fortified with commercial or hen eggshell calcium lactate. *Meat Science*, 62 : 199 - 204.
- Dafaalla M.M., Ibrahim A.Y., Kheir M.A., Jin-yu W. & Hussein H.M. (2005). Comparison of the Egg Characteristics of Different Sudanese Indigenous Chicken Types. *International Journal of Poultry Sciences*, 4 (7) : 455 - 457.

Références

- Dahloum L. (2017). Caractérisation Phénotypique De la poule locale (*Gallus Gallus*) dans le nord-ouest Algérien. Genes majeurs et thermotolérance. Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques, Option : Productions animales, Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem, (Mostaganem, Algérie), 209 p.
- Dahloum L., Halbouche M. & Arabi A. (2015). Evaluation de la qualité des œufs chez deux phénotypes de poules locales : cou nu- frisées et normalement emplumées. Comparaison avec les œufs de souche commerciale. *Revue Agriculture*, 09 (2015) 10 - 18.
- Dahouda M., Toleba S.S., Senou M., Youssao A.K., Hambuckers A. & Hornick J. (2009). Les ressources alimentaires non-conventionnelles utilisables pour la production aviaire en Afrique : valeurs nutritionnelles et contraintes. *Annales de Médecine Vétérinaire*, 153 : 5 - 21.
- Dayon F.J. & Arbelot B. (1997). Guide d'élevage des volailles au Sénégal. CIRAD EMVT Montpellier, France – DIREL Dakar, Sénégal, 113 p.
- Dazoundo F.R.V. & Senahou A.J. (2010). Contrôle de qualité des tourteaux de coton produits à la SHB par rapport aux normes de l'usine. Mémoire de Licence professionnelle, Département : Génie de Technologie Alimentaire, Université d'Abomey Calavi, (Abomey Calavi, Bénin), 59 p.
- De Groote H., Nyanamba T. & Wahome R. (2010). Quality protein maize for the feed industry in Kenya. *Sage Journals*, 39 (4) : 291 - 298.
- Debruyne I. (2001). Soja : Transformation et aspects industriels. *Techniques de l'ingénieur*, F6030 :1 - 12.
- Diatta S.B. (2019). Caractérisation écologique des parcs agroforestiers à *Anacardium occidentale* L. dans le Département de Goudomp (Région de Sédhiou / Sénégal). Mémoire de Master, UFR des Sciences et Technologies, Département d'Agroforesterie, Spécialité Aménagement et Gestion Durable des Ecosystèmes Forestiers et Agroforestiers, Université Assane Seck de Ziguinchor, Sénégal, 56 p.
- Diaw M.T., Dieng A., Mergeal G., Dotreppe O., Youssouf I. & Hornick J.L. (2010). Effect of groundnut cake substitution by glandless cottonseed kernels on broiler production: animal performance, nutrient digestibility, carcass characteristics and fatty acid composition of muscle and fat. *International Journal Poultry Science*, 9 (5) : 473 - 481.
- Diomande M., Allou K.V., Koussemon M. & Kamen P. (2008). Substitution de la farine de poisson (*Thunnus albacares*) par la farine d'escargot (*Achatina fulica*) dans l'alimentation des poules pondeuses en Côte d'Ivoire. *Livestock Research of Rural Development*, 20 (1) : 51 - 56.

Références

- Diouf M. (2002). L'Afrique dans la mondialisation. Collection Forum du Tiers monde, Harmattan, Paris (France), 244 p.
- Djakpo O. (2005). Fermentation contrôlée des graines de néré (*Parkia biglobosa*) pour la production d'un condiment béninois de type afitin : effets de l'utilisation des souches sélectionnées de *Bacillus subtilis* sur la qualité du produit. Thèse d'Ingénieur Agronome, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey Calavi, (Abomey Calavi, Benin), 57 p.
- Dongmo T., Ngou Ngoupayou J.D. & Pouilles Duplais M. (2000). Utilisation de quelques farines animales locales dans l'alimentation du poulet de chair. *Tropicultura*, 18 (3) : 122 - 125.
- Dossou M.K.R., Codjia J.T.C. & Biaou G. (2004). Utilisations, fonctions et perceptions de l'espèce-ressource *Blishia sapida* (ackee ou faux acajou) dans le Nord-Ouest du Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin*, 45 : 17 - 28.
- Dottavio A., Canet Z., Alvarez M., Creixell B., Di Masso R. & Font M. (2001). Productive traits in hybrid hens with Fayoumi maternal genotype. *Archivos Latino americanos de Producción Animal*, 9(2) : 57 - 62.
- Doumbia F. (2002). L'approvisionnement en intrants de la filière avicole moderne au Sénégal. Thèse de Doctorat, Département de Médecine Vétérinaire, Université de Dakar (Dakar, Sénégal), 75 p.
- Dragoul C., Raymond G., Marie-Maeleine J., Roland J., Marie-Jacqueline L., Brigitte M., Louis M. & Andre T. (2004). Nutrition et alimentation des animaux d'élevage. Tome 2. Deuxième édition, *Educagri Edition*, Dijon (France) : 34 - 35.
- Dronne Y. (2019). Les matières premières agricoles pour l'alimentation humaine et animale : l'UE et la France. *INRA Productions Animales*, 31 (3) : 181-200.
- Ducroquet H., Tillie P., Louhichi K. & Gomez-Y-Paloma S. (2017). L'agriculture de la Côte d'Ivoire à la loupe. Etat des lieux des filières de production végétales et animales et revue des politiques agricoles. European Union, Luxembourg, 244 p.
- Dufrêne M. (1992). Biogéographie et écologie des communautés de Caradidae an Wallonie. Thèse de Doctorat, Université Catholique de Louvain, (Louvain, Belgique), 194 p.
- Duron-Bourzeix L. (2014). Le déficit en vitamine C des sujets âgés en institution : signes et facteurs de risque : étude en Unité de Soins Longue Durée (USLD). Thèse de Doctorat, Médecine humaine et pathologie, Université de Bordeaux, (Bordeaux, France), 67 p.

Références

- Dutton M.F. (1996). Enzymes and aflatoxin biosynthesis. *Pharmacology & therapeutics*, 70 (2) : 137 - 161.
- Duval B. & Fournier A. (2006). Moisissures dans le maïs : gare aux toxines! *Journal Furum*, 10 p. https://www.agrireseau.net.Document_101060. Pdf. Consulté le 11/03/2023.
- Eekeren V.N., Maas A., Saatkamp H.W. & Verschuur M. (2006). L'élevage des poules à petite échelle. *Série Agrodok n°4*. Pays-Bas, 98 p.
- Eekeren V.N., Maas A., Saatkamp H.W. & Verschuur M. (1995). Small Scale Poultry production in the tropics (l'élevage des poules à petite échelle). *Série Agrodok n°4*. Pays-Bas, 98 p.
- Enouheran M.H.M. (2017). Effets de la poudre de feuille de *Moringa oleifera* incorporée à l'aliment du GVS sur les performances de croissance chez les poulettes ISA Brown. Mémoire de Licence, Département de Production et Santé Animales, Université d'Abomey Calavi, (Abomey Calavi, Bénin), 66 p.
- Fain O. (2013). Carence en vitamine C et scorbut. *Médecine thérapeutique*, 19 (3) : 179 - 188.
- Fandohan P., Gnonlonfin B., Hell K., Marasas W.F.O. & Wingfield M.J. (2006). Impact of indigenous storage systems and insect infestation on the contamination of maize with fumonisins. *African Journal of Biotechnology*, 5 (7) : 546 – 552.
- FAO (2005). La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture. *Agriculture n° 36*. ISSN 0251 – 1460. <https://www.fao.org/3/a0050f/a0050f00.pdf> Consulté le 09/05/2023.
- FAO (2006). Revue du secteur avicole. Document développé sur la base du rapport suivant : Première évaluation de la structure et de l'importance du secteur avicole commercial et familial en Afrique de l'Ouest : Cas du Bénin, 44 p. <https://docplayer.fr/33528186-Benin-revue-du-secteur-avicole-une-nouvelle-version-de-ce-rapport-est-disponible-a-l-adresse.html> Consulté le 03/07/2022.
- FAO & IFIF (2013). Bonnes pratiques pour l'industrie de l'alimentation animale. Mise en œuvre du Coded'usages pour une bonne alimentation animale du Codex Alimentarius. Manuels. FAO : Production et santé animales. Numéro 9. Rome, Italie, 120 p.
- FAO (2013). Perspectives de l'alimentation. Analyse des marchés mondiaux. <http://www.fao.org/docrep/017/al993f/al993f00.pdf>. Consulté le 12/01/2023.
- FAO (2020). Passerelle sur l'aviculture et les produits avicoles. [org/poultry-production](http://www.fao.org/poultry-production). Consulté le 10/01/2023

Références

- Favier J.C., Ireland R.J. & Toque C. (1995). Répertoire général des aliments. Table de composition. Edition. Tec & Doc Lavoisier, INRA Editions, CNEVA et CIQUAI, Paris, France, 897 p.
- FIRCA (2011). Acte 8 la filière avicole. Rapport annuel, 2011 Abidjan (Côte d'Ivoire), N°8 du 2^{ème} trimestre, 68 p.
http://www.firca.ci/images/sw_journaux/09052013143535.pdf. Consulté le 21/07/2021.
- FIRCA (2017). La filière avicole. Magazine d'information du Fonds Interprofessionnel pour la Recherche et le Conseil Agricoles, Rapport annuel, Abidjan, Côte d'Ivoire, 52 p.
<http://www.firca.ci>. Consulté le 11/06/2023.
- FIRCA (2018). La maison des filières. Rapport annuel, 2018, Côte d'Ivoire, 64 p.
<http://www.firca.ci>. Consulté le 11/04/2023.
- FIRCA (2022). Commercialisation de la noix de cajou : <https://www.gouv.ci>. Consulté le 27/11/2022.
- FIRCA (2023). La FIRCA et la filière Anacarde. Rapport annuel, 2021, 10 p.
<http://www.firca.ci>. Consulté le 30/07/2023.
- Flock D.K., Preisinger R. & Schmutz M. (2001). Egg quality-a challenge for breeders of laying hens : Proceedings of IX European Symposium on the Quality of Egg Products, Kusadasi, Turkey: 55 - 61.
- Fosta J.C. (2008). Caractérisation des populations de poules locales (*Gallus gallus*) au Cameroun. Thèse de Doctorat D'AGRO PARIS TECH, Discipline : Génétique animale / Génétique animale et Systèmes de Production, Université de Dschang, (Dschang, Cameroun), 301 p.
- Gamboa D.A., Calhoun M.C., Kuhlmann S.W., Haq A.U. & Bailey C.A. (2001a). Use of expander cottonseed meal in broiler diets formulated on a digestible Amino acid Basis. *Poultry Science*, 80 : 789 - 794.
- Gamboa D.A., Calhoun M.C., Kuhlmann S.W., Haq A.U. & Bailey C.A. (2001b). Tissue distribution of gossypol Enantiomers in broilers fed various cottonseed meals. *Poultry Science*, 80 : 920 - 925.
- Ganchrow J.R., Steiner J.E. & Bartana A. (1990). Behavioral reactions to gustatory stimuli in young chicks (*Gallus gallus domesticus*). *Developmental Psychobiology*, 23 (2) : 103-117.
- Gernah D.I., Atolagbe M.O. & Echegwo C.C. (2007). Nutritional composition of the African locust bean (*Parkia biglobosa*) fruit pulp. *Nigerian Food Journal*, 25 : 190 - 196.

Références

- Gonzalez-Castro M.J., Lopez-Hernández J., Simal-Lozano J. & Oruña-Concha M.J. (1997). Determination of amino acids in green beans by derivatization with phenylisothiocyanate and high-performance liquid chromatography with ultraviolet detection. *Journal of Chromatographic Science*, 35 (4) : 181 - 185.
- Guedou M.S.E., Kouato G.O., Houndonougbo M.F., Chrysostome C.A.A.M. & Mensah G.A. (2018). Performances de ponte et qualité des œufs de poules pondeuses nourries avec des aliments à base de différentes variétés de grains de maïs. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 12(6) : 2846 - 2855.
- Guéguen J., Stéphane W. & Oriane B. (2016). Les protéines végétales : contexte et potentiels en alimentation humaine. *Cahier de Nutrition et de Diététique*, 51 (4) : 177 – 185.
- Gueye H.F. (1998). Village egg and fowl meat production in Africa. *World's Poultry Science Journal*, 54 : 73 - 85.
- Guezodje L. (2009). Contraintes et défis de l'aviculture en Afrique de l'Ouest : cas du Bénin. *Grain de sel* : 46 - 47.
- Halmemies-Beauchet-Filleau A., Rinne M., Lamminen M., Mpoto C., Ampapon T., Wanapat M. & Vanhatalo A. (2018). Review : Alternative and novel feeds for ruminant: nutritive value, product quality and environmental aspects. *Animal*, 12 (2) : 295 - 309.
- Hanitriniaina A.G. (2003). Détermination de la valeur nutritionnelle des tubercules de *Dioscorea pteropoda* récoltés à Antalaha. Mémoire de Dipôme d'Etudes Approfondies de Biochimie, Option Biochimie Appliquée aux Sciences de l'Alimentation et de Nutrition, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo (Madagascar), 87 p.
- Hartmann C., Johansson K., Strandberg E. & Rydhmer L. (2003). Genetic correlations between the maternal genetic effect on chick weight and the direct genetic effects on egg composition traits in a white leghorn line. *Poultry Science*, 82 (1) : 1 - 8.
- Haugh H. (1937) The Haugh Unit for Measuring Egg Quality. *The U.S. Egg & Poultry Magazine*, 43 : 572 - 573.
- Hencken H. (1992). Chemical and physiological behavior of feed carotenoids and their effects on pigmentation. *Poultry Science*, 71 : 711 - 717.
- Henry M.H., Pesti G.M., Bakalli R., Lee J., Toledo R.T., Eitenmiller R.R. & Phillips R.D. (2001). The performance of Broiler chicks fed diets containing extruded cottonseed meal with Lysine. *Poultry Science*, 80 : 762 – 768.

Références

- Hien O.C., Salissou I., Ouedraogo A., Ouattara L., Diarra B. & Hancock J.D. (2018). Effets comparés de rations à base des variétés de maïs « ESPOIR » et de maïs « SR21 » sur la productivité du poulet de chair de souche Cobb-500. *International Journal of Biological Chemical Sciences*, 12 (4) : 1557 - 1570.
- Houndji B.V.S., Bodjrenou S.F., Londji S.B.M., Ouétchéhou R., Acakpo A., Amouzou K.S. S.E., & Hounmenou D. (2013). Amélioration de l'état nutritionnel des enfants âgés de 6 à 30 mois à Lissèzoun (Centre-Bénin) par la poudre de feuilles de *Moringa oleifera* (Lam.). *International Journal of Biology and Chemistry Sciences*, 7 (1) : 225 - 235.
- Huart A. (2004). Les ingrédients qui composent l'aliment des volailles. Plate forme numérique de l'économie numérique du Congo, 5 p.
- Huyghebaert & Piesschaert I. (2001). 4^{ème} Journée de la Recherche Avicole. Nantes, France, 309 - 312.
- Hy-Line International. (2017). Qualité des œufs. Données scientifiques sur la qualité des œufs, 8 p. <http://www.hyline.com>. Consulté le 11/06/2013.
- Hy-Line Brown. (2018). Guide de gestion. Pondeuses commerciales Hy-line Brown, 32 p. <http://www.hyline.com>. Consulté le 17/07/2022.
- INRA (1989). L'alimentation des animaux monogastriques : porc, lapin, volailles. 2^{ème} édition, Paris, INRA, France, 282 p.
- INRA (1992). Alimentation des volailles : le poulet de chair -5^{ème} édition, Versailles, INRA, France, 25 p.
- INRA (2010). Génétique de la qualité de l'œuf. *INRA Production Animale*, 23(2) : 123 -132.
- INRA (2018). Alimentation des ruminants. 4^e édition, Éditions Quae, Versailles (France), 728 p.
- International GmbH (2020). BROWN NICK pondeuses à œufs roux. Nouveau guide d'élevage. 77 p. Courriel : info@hn-int.com | Internet : www.hn-int.com. Consulté le 21/04/2023.
- IPRAVI (2014). Statistiques de production, importation et commercialisation de produits avicoles de 2000 à 2013. <https://www.rapport-gratuit.com/pathologies-les-plus-frequentes-et-mesures-sanitaires-en-aviculture-moderne/>. Consulté le 23/03/2023.
- ISA (2005). Conduite de ISA F15 en Algérie. Document Hubart chair, 50 p.
- ISA (2009). ISA Brown, guide d'élevage général des pondeuses commerciales. 41 p. <https://sansdents.com/wp-content/uploads/2019/02/ISA-BROWN-GUIDE-D%E2%80%99C3%89L%C3%89VAGE-GENERAL-DES-PONDEUSES-COMMERCIALES.pdf>. Consulté le 10/04/2023.

Références

- ISA (2011). ISA BROWN guide nutritionnel des pondeuses commerciales, 23 p. <https://sansdents.com/wp-content/uploads/2019/02/Guide-nutritionnel-pour-les-commerciales-ISA-brown.pdf>. Consulté le 17/02/2021.
- ISA (2023). Les pondeuses. 1 p. <https://pondeuses.hendrix-genetics.fr/fr/les-pondeuses/>. Consulté le 26/08/2023
- Issaka D.K. (2019). Production de noix de cajou au Bénin : état des lieux et perspectives pour 2019. 22 p. http://www.cashewconvention.com/wcc2019/presentation/Production_de_noix_de_cajou_au_benin_Kassimou_ISSAKA.pdf. Consulté le 11/06/2023.
- ITAB (2009). Produire du poulet de chair en AB. *Techn'ITAB* : 1 - 20.
- ITAB (2010). Produire des œufs biologiques. *Techn'ITAB* : 1 - 29.
- ITAVI (2000). Etude de la compétitivité des filières volailles de chair en Allemagne et au Royaume Uni. « Ressource électronique ». <https://www.itavi.asso.fr> consulté le 11/05/2023.
- ITAVI. (2020). Situation du marché des œufs et ovoproduits édition avril 2020. 11 p. https://www.ovocom.fr/wp-content/uploads/2020/05/2020-04_note_conjoncture_oeuf.pdf. Consulté le 05/11/2022.
- ITAVI & SCEES (2000). Etude de l'impact des coproduits animaux des aliments pour volailles. *La semaine vétérinaire*, n° 994, 54 - 56.
- IUPAC (1979). Standard methods for analysis of oils, Fats and derivatives. 6th Edition, pergmon Press, Paris (France), 170 p.
- Jeske V.S. & Konon D. (2018). Capitalisation des expériences et acquis de la Côte d'Ivoire en matière de politiques publiques, de structuration et de gestion de la filière anacarde. Rapport provisoire, Bénin, 58 p.
- Kalivogui G. (2005). Analyse de la production d'œufs de consommation dans la zone urbaine et periurbaine de Conakry (republique de Guinée). Mémoire de Diplôme D'études Approfondies de Productions Animales, Faculté des Sciences et Techniques, Ecole Inter-Etats des Sciences et Medecine Veterinaires de Dakar, Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal), 40 p.
- Keambou T.C., Boukila B., Moussounda G. & Manjeli Y. (2009). Comparaison de la qualité des œufs et des performances de croissance des poussins locaux des zones urbaines et rurales de l'Ouest-Cameroun. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 3 (3) : 457- 465.

- Kemps B., Govaerts T., De Ketelaere B., Mertens K., Bamelis F., Bain M., Decuypere E. & De Baerdemaeker J. (2006). The influence of line and laying period on the relationship between different eggshell and membrane strength parameters. *Poultry Science*, 85: 1309 - 1317.
- King'ori A.M. (2012). Poultry egg external characteristics: Egg weight, Shape and Shell Color. *Research Journal of Poultry Sciences*, 5 (2) : 14 - 17.
- Koffi A.R. (2015). Evaluation de la sécurité sanitaire a salmonella dans la filière avicole et de l'implication de souches aviaires dans les diarrhées humaines à Abidjan, Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat, UFR des Sciences et Technologies des Aliments, Université Nangui Abrogoua, (Abidjan, Côte d'Ivoire), 199 p.
- Koko D.I.E.K., Gbaguidi F., Djego G.J. & Sinsin B. (2018). Identification et dosage des vitamines A, E et K dans quelques plantes utilisées pour le traitement des troubles de la menstruation et de l'allaitement. *International Journal of Biological Chemical Sciences*, 12 (4) : 1802 – 1815.
- Kombate F.B. (2012). Attitude des paysans face à l'innovation liée a la pomme de cajou dans la région centrale du Togo. Mémoire de Master Professionnel, UFR des Sciences Humaines, Université de Ouagadougou, (Ouagadougou, Burkina Faso), 72 p.
- Koné Y. (2007). Contribution à l'évaluation de l'incidence socio-économique de la grippe aviaire en Côte d'Ivoire au cours de l'année 2006. Thèse de Médecine Vétérinaire, Pharmacie et d'Odonto Stomatologie de Dakar, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, (Dakar, Sénégal), 151 p.
- Koné Y.K.C. (2013). Influence de suppléments alimentaire sur les performances de croissance, de ponte et la qualité organoleptique de poulets de chair (souche Arbor) et de poules pondeuses (Souche Warren). Thèse de Doctorat, UFR des Sciences et Technologies des Aliments, Université Nangui-Abrogoua (Abidjan, Côte d'Ivoire), 208 p.
- Kouakou N.D.V., Angbo-Kouakou C.E.M., Koné G.A., Kouame K.B., Yéboué F. de P. & Kouba M. (2018). Enhancement of rubber kernel and cashew nut cakes in the diet of postweaning and growing pigs. *Revue Elevage de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux*, 71 (1 - 2) : 81- 85.
- Ky I., Parkouda C., Somda K.M., Diawara B. & Dicko H.M. (2020). Caractéristiques physicochimiques de quelques matières premières utilisées dans la formulation des aliments pour volaille au Burkina Faso. *Journal of Applied Biosciences*, 151 : 15598 - 15604.

Références

- Lacroix E.J. (2003). Les anacardiens, les noix de cajou et la filière anacarde à Bassila et au Bénin. Projet restauration des ressources forestières de Bassila, (Bassila, Bénin), 75 p.
- Larbier M. & Leclercq B. (1992). Nutrition et alimentation des volailles. INRA, Paris, 349 p.
- Laride R. (2012). Valorisation des sous-produits de tomates en vue de leur incorporation dans l'aliment de volaille (cas des poules pondeuses). Mémoire de master, Université M'hamed Bougara Boumerdes, (boumerdes, Tunisie), 174 p.
- Laura E., Pam K., John P. & Pascal L. (2008). Valeur alimentaire du tourteau de lin et ses effets sur la croissance des porcs et la composition de leur carcasse. *Journées Recherche Porcine*, 40 : 197 - 202.
- Lautié E., Dornier M., De Souza Filho M. & Reynes M. (2001). Les produits de l'anacardier : caractéristiques, voies de valorisation et marchés. *Hall Open Sciences*, 6 (4) : 235 - 248.
- Le Cadre P., Frédéric P., Françoise L. & Corinne P. (2015). Valorisation de tourteaux de soja issus d'une production locale non OGM chez les fabricants d'aliments. *OCL*, 22 (5) D 507.
- Le Grusse J. & Watier B. (1993). Les vitamines. Données biochimiques, nutritionnelles et cliniques. Centre d'Études et d'Information sur les Vitamines, Produits Roche, Neuilly sur Seine, France, 303 p.
- Lebailly P., Lynn S. & Seri H. (2012). Etude pour la préparation d'une stratégie pour le développement de la filière anacarde en Côte d'Ivoire. Rapport diagnostic, Côte d'Ivoire, 92 p.
- Leborgne M-C., Bréchet C., Delteil L. & Fournier E. (2013). Nutrition et alimentation des animaux d'élevage. Tome 2. 3^{ème} édition, l'alimentation des monogastriques, l'alimentation des polygastriques. Educagri, Paris (France), Collection Zootechnique, 356 p.
- Lessire M., Hallouis J. M., Quinsac A., Peyronnet C. & Bouvarel I. (2009). Metabolizable energy and protein value of new expeller rapeseed meals: comparison between adult cockerels and young chickens. *World Poultry Science Association (WPSA)*, Proceedings of the 8th Avian French Research Days, 25 - 26 March 2009, St Malo, France, pp 249 - 253.
- Leyral G. & Vrielling E. (1997). Microbiologie et toxicologie des aliments : Hygiène et sécurité alimentaires broché. 2^{ème} édition, Doin éditeurs, Bordeaux, France : 81 - 162.
- Lockett C.T., Calvert C.C. & Grivetti L.E. (2000). Energy and micronutrient composition of dietary and medicinal wild plants consumed during drought. Study of rural Fulani,

Références

- Northeastern Nigeria. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 51 (3) : 195 - 208.
- Lohmann (2006). Guide d'élevage. Lohmann tradition, 28 p. <https://docplayer.fr/13718279-Pondeuses-guide-d-elevage-lohmann-tradition.html>. Consulté le 23/08/2021.
- LOHMANN BREEDERS GmbH. (2021). Lohmann brown-classic pondeuse. Am Seedeich 9–11 | 27472 Cuxhaven | Germany Email info@lohmann-breeders.com | www.lohmann-breeders.com. Consulté le 11/11/2022.
- Lyannaz J.P. (2006). Vers une relance de l'anacarde au Mozambique. *Cirad - Agritrop*, 61 (2): 125 - 133.
- Mafeni M.J. & Fomba D.R. (2001). Brewer's grain from Cameroon brewery in breeder chicken rations: Efect on productive and reproductive performance. *Tropicultura*, 19 (2) : 61 - 64.
- Magdelaine (2004). La ponte en climat chaud. *African agriculture*, (325) : 18 - 22.
- Malou G. (2014). Caractérisation et germination des semences de quatre variétés de *Anacardium occidentale* L. : Bénin jaune, Costa Rica, Henry et James. Mémoire de Master en Aménagement et Gestion Durable des Ecosystèmes Forestiers et Agroforestiers Ziguinchor (Sénégal), Université Assane Seck de Ziguinchor (UASZ), (Sénégal), 39 p.
- Malumba K.P. (2000). Une approche programmatique dans la formulation des aliments complets pour volaille. Mémoire d'Ingénieur Agronome, Option : Agronomie générale, Faculte desSciencesAgronomiques, Departement de Chimie et Industries Agricole, Universite de Kinshasa, (Kinshasa, Congo), 72 p.
- Manassé F.V.H. (1999). Contribution à l'étude des effets de l'augmentation des taux de graine de soja dans les aliments des poules pondeuses, souche commerciale SHAVER 777, sur la production d'œufs. Mémoire de fin d'étude, option : Elevage, Ecole Superieure des Sciences Agronomiques, Université d'Antanarivo, (Antanarivo, Madagascar), 122 p.
- Mann K. (2008). Proteomic analysis of the chicken egg vitelline membranaire Proteomic. *Animal Proteomic*, 8:2322 - 2332.
- Mantsanga H.B., Amona I., Banga-Mboko H., Bakana M.A. & Adzona P.P. (2016). Effet de l'alimentation calcique séparée sur la qualité de la coquille, le calibre, et le cout de production de l'œuf chez la poule Lhoman Brown en zone tropicale. *Journal of Applied Biosciences*, 97 : 9212 - 9219.

Références

- M'bao B. (1994). Séro-épidémiologie des maladies infectieuses majeures du poulet de chair dans la région de Dakar. Thèse de Doctorat, Médecine Vétérinaire, Ecole Inter-Etats des Sciences et Médecine Veterinaires de Dakar, Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Dakar, Sénégal), 148 p.
- Mbuya K., Bombani B., Mulamba N., Tshimbombo J., Mulumba B., Kaboko K., Tshibanda K., Nshimba M., Nyembo K., Lydia K. & Odeke M. (2015). Influence de l'aliment à base du maïs à haute teneur en lysine et tryptophane sur les performances de croissance des poulets de chair dans la ville de Mbujimayi. *Congo Science*, 3 (2) : 131 - 139.
- Melcion J.P. (1987). Oléo-protéagineux et cuisson extrusion. *Les colloques de l'INRA*, "Cuisson-extrusion", Edition INRA, Paris (France) : 235 - 248.
- Melcion J.P. (2000). La granulométrie de l'aliment : principe, mesure et obtention. *INRA Production Animales*, 13 (2) : 87 - 97.
- Métayer J.P., Grosjean F. & Castaing J. (1993). Study of variability in French cereals. *Animal Feed Sciences and Technology*, 43 (1 - 2) : 87 - 108.
- Meyer C. & Rouvier R. (2009). L'insémination artificielle des volailles note bibliographique. Cirad Campus de Baillarguet, Montpellier (France), 23 p.
- Mine Y. & Kovacs-Nolan J. (2004). Biologically active hen egg components in human health and disease. *Journal of Poultry Science*, 41 (1) : 1 - 29.
- Mine Y. (2002). Recent advances in egg protein functionality in the food system. *World's Poultry Science Journal*, 58 (1) : 31 - 39.
- Ministère Français de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire (2019). Côte d'Ivoire : contexte agricole et relations internationales, 1 p. <http://agriculture.gouv.fr/politiques-agricoles-fiches>. Consulté le 10/08/2023
- Ministère Ivoirien des Ressources Animales et Halieutiques. (2014). Plan Strategique de Développement de l'Elevage, de la Pêche et de l'Aquaculture en Côte d'Ivoire (PSDEPA 2014-2020). Tome I : Diagnostic – Stratégie de développement – Orientation, 102 p. <https://faolex.fao.org/pdf> Consulté le 21/08/2023.
- Misslin C. (2017). Le suivi d'élevage en filière poule pondeuse : de l'accoupage à la production d'œufs. Thèse de Doctorat, Département de Médecine - Pharmacie, Université Claude-Bernard - Lyon I, (Lyon, France), 138 p.
- Montcho M., Babatoundé S., Aboh B.A., Bahini M.J.D., Chrysostome A.A.M.C. & Mensah G.A. (2016). Disponibilité, Valeurs marchande et nutritionnelle des sous-produits agricoles et agroindustriels utilisés dans l'alimentation des ruminants au Benin. *European Scientific Journal*, 12 (33) : 422 - 441.

Références

- Morinière F. (2015). Généralités sur la conduite de l'alimentation : Alimentation des volailles en agriculture biologique. Paris Cedex 12 : ITAB (Institut de l'Agriculture et Alimentation Biologique), Paris (France) : 19 - 26.
- Mouhoubi S. & Sahli F. (2018). Effet de la température et les conditions d'entreposage sur la qualité des œufs de consommation. Mémoire de Master II, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers, Département des Sciences Biologiques, Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A, (Bordj Bou Arréridj, Algerie), 48 p.
- Moula N., Antoine-Moussiaux N., Fanir F. & Leroy P. (2009). Comparison of egg composition and conservation ability in two Belgian local breeds and one commercial strain. *International Journal of Poultry Science*, 8 (8) : 768 - 774.
- Moula N., Antoine-Moussiaux N., Decuypere E., Farnir F., Mertens K., De Baerdemaeker J. & Leroy P. (2010). Comparative study of egg quality traits in two Belgian local breeds and two commercial lines of chickens. *Archiv für Geflügelkunde*, 74 : 164 - 171.
- Moula N., Luc D.D., Dang P.K., Farnir F., Ton V.D., Binh D.V., Leroy P. & Antoine-Moussiaux N. (2011). The Ri chicken breed and livelihoods in North Vietnam: characterisation and prospects. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*, 112 (1) : 57 - 69.
- Moula N., Ait Kaki., Leroy P. & Antoine-Moussiaux N. (2013). Quality assessment of marketed eggs in basse Kabylie (Algeria). *Brazilian Journal of Poultry Science*, 15 (4) : 395 - 400.
- Moula N. (2018). Qualité des œufs de consommation de trois types génétiques de poules commercialisés dans l'Est algérien. *Archivos de Zootecnia Journal*, 67 : 259 - 365.
- Moustier P. & David O. (2001). Le maraîchage périurbain, dans quelques situations africaines. Série Urbanisation, alimentation et filières vivrières 5, Montpellier (France) : CIRAD-FAO, 44 p.
- Müller S. (2018). Commercialisation des œufs : Critères de qualité et de fraîcheur. Présentation des méthodes simples pour tester la qualité des œufs, Aviform, 34 p.
- Musabimana K.F. (2005). Consommation et commercialisation des œufs à Dakar (Sénégal). Thèse de Doctorat, Médecine Vétérinaire, Université Cheikh Anta Diop (UCAD), (Dakar, Sénégal), 138 p.
- N'diaye A. (2002). Contribution à l'étude de la qualité commerciale des œufs de consommation de la région de Dakar (sénégal). Thèse de Doctorat, Département de Médecine Vétérinaire, Université Cheikh Anta Diop (UCAD), (Dakar, Sénégal), 121 p.

Références

- Nagalakshmi D., Savaran V., Rama R., Arun K. P. & Vadali R.B.S. (2007). Cottonseed meal in poultry diets: A review. *International Journal of Poultry Science*, 44 : 119 - 134.
- Nahari D & Asha R.R. (2003). Chemical composition and nutritive value of kapok seed meal for broiler chickens. *British Poultry Science*, 44 (3) : 505 - 9.
- Nau F., Antoin M. & Nys Y. (2003). L'œuf de poule : une mine de molécules à activités biologiques. *Poultry Science Journal*, 45 : 247 - 266.
- Nayet C. (2018). L'alimentation des volailles en bio. Tech & bio Avignon, Agricultures & Territoires Chambre d'agriculture de Drôme (France), 27 p. https://paca.chambres-agriculture.fr/tech_bio.pdf. Consulté le 11/03/2023.
- Nesseim T.D.T. (2005). Contribution à l'étude de la qualité-nutritionnelle des aliments et matières premières utilisées en aviculture dans la zone péri-urbaine : de Dakar. Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies, Option : Zootechnie - Alimentation – Économie, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, (Dakar, Sénégal), 40 p.
- Netaf H. (2018). Analyse multivariée de la conformation et la composition des œufs chez quatre espèces avicoles locales. Mémoire de Master en Sciences de la Nature et de la Vie, Département d'Agronomie, Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem, (Mostaganem, Algérie), 58 p.
- Newkirk R. (2009). Canola meal : feed industry guide. 4th Edition, Canadian Int. Grains Institution, Canola Council, Winnipeg, Manitoba, Canada. http://www.canolacouncil.org/uploads/feedguide/Canola_Guide_ENGLISH_2009_small.pdf. Consulté le 13/02/2021.
- Niang D. (2002). Etude de la biologie de la reproduction chez *Anacardium occidentale* L. (Anacardiaceae). Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies, Département de Biologie Végétale, Université Cheikh Anta Diop de Dakar (UCAD), Sénégal, 56 p.
- Nir Y. (2003). Cours international sur la production avicole intensive. Alimentation et nutrition des volailles, 124 p.
- NOVOGEN (2015). Pondeuses commerciales. Guide d'Élevage, Novogene Brown, 39 p. <http://www.novoponte.fr/uploads/pdf>. Consulté le 11/05/2023.
- Nys Y. & Gautron J. (2005). Comprendre la formation de la coquille de l'œuf et améliorer l'efficacité de ce système de protection naturel. *INRA mensuel*, 104 : 5 - 8.
- Nys Y. & Sauveur B. (2004). Valeur nutritionnelle des œufs. *INRAE Productions Animales*, 17(5) : 385 - 393.
- Nys Y. (2000). Dietary carotenoids and egg yolk coloration. *Archiv fuer Gefluegelkunde*, 64 : 45 - 54.

Références

- Nys Y. (2010). Structure et formation de l'œuf : Science et technologie de l'œuf et des ovoproduits. Editions Tec et Doc Lavoisier, Paris, France, 1, chapitre 5 : 161 - 249.
- Nys Y., Catherine J., Marianne C. & Brigitte R. (2018). Qualité des œufs de consommation. Alimentation des animaux et qualité de leurs produits. Alimentation d'aujourd'hui, Lavoisier, Cachan (France) : 315 - 338.
- OCC (1998). Norme 052 / 4 - 1. Rapport de l'atelier sur l'analyse des risques et les normes alimentaires (Point 9 de l'ordre du jour), Programme Mixte FAO / OMS sur les Normes Alimentaires, Montevideo (Uruguay). <https://www.fao.org>. Consulté le 24/01/2023.
- Offiong S., Ojebiyi O., Moses E., Umoh B. & Offiong E. (2006). Comparison of the morphometric characteristics of exotic commercial and local chicken eggs in the tropical environment. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 5 (12) : 1046 - 1049.
- Ojewola G.S. & Ewa U.E. (2005). Response of growing broiler to varying dietary plant protein. *International Journal of Poultry Science*, 4 (10) : 765 - 771.
- Ojewola G.S., Ukachuckwu S.N. & Okulonye E.I. (2006). Cottonseed meal as substitute for soybean meal in broiler ration. *International Journal of Poultry Science*, 5 (4) : 360 - 364.
- Olosoumai I.F. & Agbodja F.A. (2001). Plantation d'anacardier (*Anacardium occidentale*) : production et commercialisation de noix cajou à Igbomakro dans la sous-préfecture de Bassila. Mémoire de Diplôme des Études Approfondies (DEA), option, Foresterie : Bassila (Bénin), Lycée Agricole Medji de Sékou (Bénin), 43 p.
- Olujobi O.J. (2012). Comparative evaluation of nutritional composition of african locust bean (*Parkia biglobosa*) fruits from two locations. *Nigerian Journal of Basic and Applied Science*, 20 (3) : 195 – 198.
- Omri Inat B. (2018). Impact du fenugrec sur les performances de ponte, la qualité physico-chimique et diététique, la stabilité des lipides enrichis en acides gras polyinsaturés et la coloration du jaune de l'œuf de poule. Thèse de Doctorat, UFR des Sciences et Techniques de L'Agronomie et de l'Environnement, Spécialité : Sciences de la production animale, Institut National Agronomique de Tunisie, 178 p.
- ONCE (2022). Filière avicole en Côte d'Ivoire des perspectives alléchantes, 2 p. <https://www.once.ci/show/2022>
- Ouattara A., Fofana D., Diomandé M., Beugré G.A.M., Konaté I., Bouatene D. & Beugré G.A.M. (2023). Production et caractérisation biochimique du tourteau de cajou

Références

- (*Anacardium occidentale* L). International Journal of current Advenced Research, 12 (04) : 1899 – 1908.
- Ouattara S., Bougouma-yameogo V.M.C., Nianogo A.J. & Al Bachir A. (2014). Effets des graines torréfiées de *Vigna unguiculata* (niébé) comme source de protéines, dans l'alimentation des poules locales en ponte au Burkina Faso, sur leurs performances zootechniques et la rentabilité économique des régimes. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 8 (5) : 1990 - 1999.
- Ouedraogo N., Boundaogo M., HIEMA D.F. & Ouedraogo M. (2017). Le guide de la transformation de l'anacarde au Burkina Faso. Ministère du Commerce, de l'Industrie et de l'Artisanat du Burkina Faso, Projet d'appui à la commercialisation de mangue séchée et de noix de cajou transformée, 62 p. https://cir-burkina.org/wp-content/uploads/2018/12/SNV_CIR_Guide_Transformation_Anacarde_01.pdf. Consulté le 11/06/2023.
- Oyewusi P.A., Akintayo E.T. & Olaofe O. (2007). The proximate and amino acid composition of defatted rubber seed meal. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 5 (3 - 4) : 115 -118.
- Pacioli. (2013). Les ratios de rentabilité d'une entreprise. Institut Professionnel des Comptables et Fiscalistes agréés, IPCF-BIBF, Liège (Belgique), 5 p. <https://orbi.uliege.be/bitstream/pacioli37....pdf>. Consulté le 15/03/2021.
- Paliwal L.R., Granados G., Lafitte R.H. & Violic D.A. (2002). Le maïs en zone tropicales : Amélioration et production. Collection FAO : Production végétale et protection des plantes, n°28, 382 p.
- Parent R., Dulgen A., Steyaert P. & Legrand D. (1989). Guide pratique d'aviculture moderne en climat sahielo-soudanien de l'Afrique de l'Ouest. Dakar : E.I.S.M.V, Thiès : INDR, 85 p
- Parmar S., Thakur M., Tomar S. & Pillai P. (2006). Evaluation of egg quality traits in indigenous Kadaknath breed of poultry. *Livestock Research for Rural Development*, 18 (132).
- Périquet A. (2004). Pesticides, risques et sécurité, Comité Sécurité Alimentaire d'Aprifel, toxicologie. Aprifel, Paris (France), 2016 p.
- Perrin R.K., Winkemann D.L., Moscardi E.R. & Aderson J.R. (1979). Comment établir des conseils aux agriculteurs à partir des données expérimentales. Mexico : CIMMYT (Edicion especial), 38 p.

Références

- Peyronnet C., Lacampagne J.P., Cadre P. L. & Pressenda, F. (2014). Les sources de protéines dans l'alimentation du bétail en France : la place des oléoprotéagineux. *OCL*, 21 (4) : D 402.
- Pinson V. (2022). Œufs : la France n°10 mondial.
<https://www.reussir.fr/lesmarches/graphique-oeufs-la-france-ndeg10-mondial>.
Consulté le 21/04/2023
- Pointillart A. (1994). Phytates, phytases : leur importance dans l'alimentation des monogastriques. *INRAE Production Animale*, 7 (1) : 29 - 39.
- Poncet C., Rémond D., Lepage E. & Doreau M. (2003). Comment mieux valoriser les protéagineux et oléagineux en alimentation des ruminants. *Fourrages. Hal Open Science*, 174 : 205 - 229.
- Pongracz G., Weiser H. & Matzinger D. (1971). Tocopherols-Antioxydant. *Fat Science Technology*, 97 : 90 - 104.
- Ponka R., Goudoum A., Chami tchungouelieu A. & Fokou E. (2016). Evaluation nutritionnelle de quelques ingrédients entrant dans la formulation alimentaire des poules pondeuses et porcs d'une ferme d'élevage au Nord-Ouest Cameroun. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10 (5) : 2073 - 2080.
- Rabenirina Z.H. (2004). Effets de l'incorporation de graine de *Ceiba pentandra* et de *Heritiera littoralis* dans l'alimentation des poules pondeuses sur les performances de ponte et la qualité de l'œuf. Mémoire de fin d'études, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Département Elevage, Université d'Antananarivo, (Antananarivo, Madagascar), 121 p.
- Raharinirina R. (2017). Alimentation protéique et performances des poules pondeuses cas de la souche ISA BROWN, âgées de 21 à 50 semaines. Mémoire de Licence, Option : Sciences Agronomiques et Environnementales – Sciences Animales, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques mention Sciences Animales, Université d'Antananarivo, (Antananarivo, Madagascar), 53 p.
- Raimi M.M., Oyekanmi A.M. & Farombi A.G. (2014). Proximate and Phytochemical Composition of Leaves of *Ceiba pentandra*, *Manihot esculentus* and *Abelmoschus esculentus* in Southwestern Nigeria. *Scientific Research Journal*, 2 (4) : 30 - 34.
- Randrianarison S. (1995). Contribution à l'étude des effets de la substitution du maïs broyé par du maïs germé dans l'alimentation des poules pondeuses sur la production d'œufs. Cas de la ferme de Talatamaty. Mémoire de fin d'étude, Département Elevage, Université d'Antananarivo, (Antananarivo, Madagascar), 103 p.

Références

- Rawan Z. (2011). Procédés de fractionnement de la matière végétale Application à la production des polysaccharides du son et de la paille de blé. Thèse de Doctorat, spécialité, Sciences des Agro-ressources, Université de Toulouse (France), 291 p.
- Réhault-Godbert S., Gautron J., Nys Y. & Travel A. (2017). L'oeuf de poule : un produit de qualité au coeur de notre alimentation. *Open Science*, hal-02888834.
- Renard J.F., Ly C. & Knips V. (2004). L'élevage et l'intégration régionale en Afrique de l'Ouest. CIRAD-EMVT, Montpellier (France), 45 p.
- Ricau P. & Konan C. (2010). La filière anacarde en Côte d'Ivoire Acteurs et Organismes. Compte-rendu de missions Mars-Juillet 2010, Côte d'Ivoire, INADES Abidjan-RONGEAD – ODA Lyon / Abidjan, 36 p.
- Ricau P. (2013). Connaître et comprendre le marché international de l'anacarde. Guide sur le marché international de l'anacarde, RONGEAD, Lyon (France), 49 p. http://www.inter-reseaux.org/IMG/pdf/Guide_RONGEAD_Le_Marche_International_de_l_Anacarde_v-light.pdf. Consulté le 11/04/2022.
- RONGEAD (2014). Etude sur les mesures incitatives et de protection de l'industrie de l'anacarde en Côte d'Ivoire. Résumé – Atelier 11 et 12 février 2014, Atelier organisé par le Conseil Coton et Anacarde, Ministère de l'Agriculture et de l'Industrie de la Côte d'Ivoire. Projet d'Apui au Secteur Agricole en Côte d'Ivoire, 22 p.
- Saidou A.A. (2005). Contribution à l'étude de la qualité des œufs de consommation vendus au Niger : cas de la communauté urbaine de Niamey. Thèse de Doctorat, Médecine Vétérinaire, Dakar (Sénégal), 92 p.
- Salifou N. (2007). Contribution à l'étude comparative de la qualité commerciale des œufs du marché et des œufs des grandes surfaces : cas de la zone urbaine de la ville de Dakar. Thèse de Doctorat, Médecine Vétérinaire, Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal), 105 p.
- Samandoulougou S., Ilboudo A.J., Sanon O.G., Bagre T.S., Tapsoba F.W., Compaore H., Dao A., Zoungrana A., Savadogo A. & Traore AS. (2016). Qualité physico-chimique et nutritionnelle des œufs de poule locale et de race améliorée consommés à Ouagadougou au Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10(2) : 737 - 748.
- Sánchez-Machado D.I., López-Cervantes J., López-Hernández J., Paseiro-Losada P. & Simal-Lozano J. (2003). High-Performance Liquid Chromatographic Analysis of Amino Acids

- in Edible Seaweeds after Derivatization with Phenyl Isothiocyanate. *Chromatographia*, 58 : 159 - 163.
- Sassa A.M., Mballa E.J. & Abdoulmoumini M. (2021). Effets comparés de la substitution partielle du tourteau de soja par la farine d'asticots séchés dans des rations alimentaires sur les performances zootechniques des poulets de chair à Ngaoundéré au Cameroun. *International Journal of Biological Chemical and Sciences*, 15 (6) : 2543 - 2553.
- Sauvant D., Perez J.M. & Tran G. (2004). Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage : porcs, volailles, bovins, ovins, caprins, lapins, chevaux, poissons. 2^{ème} Edition, INRA Editions, Paris (France), 301 p.
- Sauveur B. (1988). Reproduction des volailles et production d'œuf. INRA, Paris (France), 472 p.
- Schmidely P & Sauvant D. (2001). Taux butyreux et composition de la matière grasse du lait chez les petits ruminants : Effets de l'apport de matière grasse ou d'aliment concentré. *INRA Production Animale*, 14 (5) : 337 - 354.
- Sekhar-reddy P., Sudhakar reddy P., Satyanarayana reddy P.V.V. & Srinivasa rao D. (1998). Influence of cottonseed cake on the performance of broilers. *Indian Journal of Animal Nutrition*, 15 (3) : 188 - 193.
- Shakeel A. (2010). Effect of supplementing dietary sources of n-3 fatty acids and vitamin a on laying performance, egg quality and immune response in laying hens. Thèse de doctorat. University of Agriculture Faisalabad, (Faisalabad, Pakistan), 148 p.
- Sidibe A. (2013). Comparaison des performances de deux races de poules pondeuses. Mémoire de Master I en Biologie et Production Animale, Université Nangui Abrogoua, (Abidjan, Côte d'Ivoire), 40 p.
- Silue F.E., Ouattara H., Meite A., N'goran K.D.V., Veronique C. & Kati C.S. (2020). Performances Zootechniques, Économiques et Qualité Physique des Œufs Des Poules Soumises À des Régimes Alimentaires Apportant Différentes Concentrations De Tourteau D'amandes de Noix de Cajou (Côte d'Ivoire). *European Scientific Journal*, 16 (3): 472 - 488.
- Sirri F., Iaffaldano N., Minelli G., Meluzzi A., Rosato M. & Franchini A. (2007). Comparative pigmentation efficiency of high dietary levels of apo-ester and marigold extract on quality traits of whole liquid egg of two strains of laying hens. *Journal Applied Poultry Research*, 16 (3) : 429 - 437.

Références

- Smith A.J. (1997). L'élevage de la volaille. Volume 1 et 2. Editeur : *Maisonneuve et Larose*, Paris. 327 – 328 pp.
- Snowdon M. (1995). Alimentation du bétail avec le soja entier. *Bulletin sur la nutrition*, Brunswick, Canada, 1 : 95.
- Son M. & Traore S. (2002). Analyse du secteur de l'anacarde, situation actuelle et perspective de développement au Burkina Fasso. Rapport CNUCED / OMC (CCI), Burkina Fasso, 12 p.
- Soro D. (2012). Couplage de procédés membranaires pour la clarification et la concentration du jus de pomme de cajou : performances et impacts sur la qualité des produits. Thèse de doctorat en Génies des procédés, Université de Montpellier Sup Agro, Montpellier (France), 156 p.
- Souahibou S.S. (2014). Performances zootechnico-economiques des poulets de chair (Cobb 500) nourris aux rations à base de la farine des graines de la variété verte de bissap (*Hibiscus sabdariffa*, linn.) Au senegal. Thèse de Doctorat, Médecine vétérinaire, Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal), 140 p.
- Taussky H.H. & Shorr E. (1953). A microcolorimetric method for the determination of inorganic phosphate. *Journal of Biological Chemistry*, 202 (2) : 675 - 685.
- Tessier F.J. (2012). Effet de la cuisson des aliments sur les pertes en vitamines. Cuisson des aliments, nutrition et santé. *Edimark Courbevoie*, 16 (5 – 6) : 150 - 153.
- TETRA-SL LL (2018). Guide de gestion des pondeuses. Guide d'élevage des pondeuses commerciales, 28 p. [http://www.babolnatetra.com2019.tetra. Pdf.](http://www.babolnatetra.com2019.tetra.Pdf) Consulté le 21/03/2023.
- Thapon J.L., Audiot V., Nys Y., Protais J. & Sauveur B. (1994). Présentation générale de l'œuf (1-108) : L'œuf et les ovo produits. Paris (France), Technique et Documentation Lavoisier, 344 p.
- The poultry site. (2014). Global poultry trends 2013 – hen egg production in Africa. Poultry Set to Become No.1 Meat in Asia. <https://www.thepoultrysite.comgl>. Consulté le 10/11/2021.
- This H. (2008). L'œuf dur : un festin de réactions chimiques. *L'actualité chimique*, 316 : 5 -9.
- Tixier-Boichard M., Joffrin C., Gourichon D. & Bordas A. (2006). Improvement of yolk percentage by crossbreeding between a commercial brown-egg layer and a local breed,

Références

- the Fayoumi. In: Proceedings of the 8th World Congress on Genetics. *Applied to Livestock Production*, Belo Horizonte, Minas Gerais (Brazil) : 32 - 36.
- Toléba S.S., Youssao A.K.I., Dahouda M., Missainhoun U.M.A. & Mensah G.A. (2009). Identification et valeurs nutritionnelles des aliments utilisés en élevage d'aulacodes (*Thryonomys swinderianus*) dans les villes de Cotonou et Porto-Novo au Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin*, 64 : 1 - 10.
- Tossou M.L., Chrysostome C.A.A.M., Houndonougbo M.F., Missohou A. & Abiola F.A. (2014). Influence du système de logement sur quelques performances zootechniques et économiques des poules pondeuses au Sud-Bénin. *Agronomie Africaine*, 26 (2) : 147 - 154.
- Toussou M.L., Houndonougbo P.V., Akouedegni C.G., Houndonougbo M.F., Abiola F.A. & Chrysostome C.A.A.M. (2019). Effet de la souche (Isa Brown, Harco et Lohman) sur les performances zootechniques et économiques de poulettes élevées au Sud Bénin. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vététérinaires*, 7 (4) : 544 – 549.
- Tougan P.U., Dahouda M., Salifou C.F.A., Ahounou G.S., Kossou D.N.F., Amenou C., Kogbeto C.E., Kpodekon M.T., Mensah G.A., Logany G., Thewis A. & Youssao I.A.K. (2013). Nutritional quality of meat from local poultry population of *Gallus gallus* species of Bénin. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 19 (2) : 2908 - 2922.
- Touré A.I., Tovignon G.C.Z., Sima C.O., Abui-Mba X.W., Mboko A.V., Matumuini F.N., Engonga L.C.O., Zoro B.I.A., Boukila B. & Otchomou A. (2020). Contrôle de la qualité granulométrique et nutritionnelle des aliments pour animaux à la Société Meunière et Avicole du Gabon (SMAG). *Journal of Applied Biosciences*, 55 : 15974 – 15985.
- Travel A., Nys Y. & Lopes E. (2011). Facteurs physiologiques et environnementaux influençant la production et la qualité de l'œuf. *INRAE Productions Animale*, 23 (2) : 155 – 166.
- Trepko P. (2003). La culture de l'anacardier dans la Région de Bassila au Nord Bénin. Projet de restauration des ressources forestières de Bassila, République du Bénin, GTZ, 53 p.
- Truberg B. & Hühn M. (2000). Contributions to the analysis of genotype x environment interactions: comparison of different parametric and non-parametric tests for interactions with emphasis on crossover interactions. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 185 (4) : 267 - 274.
- UEMOA (2008). Premières journées techniques avicoles. Actes des journées : Abidjan, du 16 - 18 juin 2008, UEMOA, 39 p.

Références

- URL: <http://journals.openedition.org/ethnoecologie/3331>. Consulté le 17/02/2021.
- Vervack W. (1982). Guide de laboratoire de biochimie de la nutrition : analyse des aliments. *Louvain Laneuve*, 10 – 40 pp.
- Vigne M., Benagabou L., Faverdin P., Coulibaly D., Ba A., Vall E., Kanwe A. & Blanchard M. (2014). Evaluation de l'efficacité énergétique fossile des systèmes d'élevage en Afrique de l'Ouest. Adaptations et perspectives méthodologiques. *INRA Production Animale*, 27 (5) : 369 - 380.
- Volvey A., Déverin Y., Houssay-Holzschuch M., Rodarry E., Surun I. & Bennafla K. (2008). L'anacardier : une opa sur le foncier. L'Afrique, collection Clefs concours, Atlante, 6 p.
- Ward D., Dam A. & Creighton C. (2020). Le stress thermique chez les poules pondeuses Commerciales. Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario, Reine pour l'Ontario (Canada), 8p.
- Wardowski W.F. & Ahrens M.J. (1990). (Eds), Fruits of tropical and subtropical origin. *Florida Science*. Source *Lake Alfred USA*, 67 - 87.
- Watkins S.E., Saleh E.A. & Waldroup P.W. (2002). Reduction in dietary nutrient density aids in utilization of high protein cottonseed meal in broiler. *International Journal of Poultry Science*, 1(4) : 53 - 58.
- Wattagnet (2011). Dramatic regional variation in Africa's egg production. <https://www.wattagnet.com/articles/9662-dramatic-regional-variation-in-africa-s-egg-production>. Consulté le 11/06/2023.
- Yaro D. (2011). Effet de la poudre de feuille de *Moringa oleifera* et de la pulpe de fruit de *Parkia biglobosa* sur les performances de ponte des poules pondeuses. Mémoire de fin de cycle en vue de l'obtention du Diplôme d'Ingenieur de Conception en Vulgarisation Agricole, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, (Bobo-Dioulasso, Burkina Fasso), 50 p.
- Zafintiano O.S.T. (1998). Etude comparative des performances zootechniques des poulets de chair alimentés par trois différentes marques commerciales de provende. Mémoire de fin d'étude, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques Département Elevage, Université d'Antananarivo, (Antananarivo, Madagascar), 92 p.
- Zaman M.A., Sørensen P. & Howliger M.A. (2004). Eggs production performances of a breed and three crossbreeds under scavenging system of management. *Livestock Research for Rural Development*, 16 (8) : 1 - 12.

Références

- Zougab S . & Rabbi S. (2013). Suivi du Développement Embryonnaire Chez la Poule domestique «Gallus gallus domesticus». Mémoire de Master, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Département de Biologie Physico-chimique, Université ABDERAHMANE MIRA- Bejaïa, (Bejaïa, Algérie), 87 p.
- Zouré H.G.M & Nassa S. (1997). Composition des tourteaux de coton et prévision de leur valeur nutritive. *Comité technique sur l'élevage : Population, élevage, environnement*, du 08 au 10 Déc. 1997, Ouagadougou, Burkina Faso, 27 p.

Annexes

Annexe 1 : Verger d'anacardier et déchets industriels d'amandes de cajou



A : Verger d'anacardier ; B : Pomme de cajou ; C : Noix brutes de cajou ; D : Pesée des déchets de transformation ; E : Amandes décortiquées ; F : Collecte de la poudre d'amande de cajou.

Annexes

Annexe 2 : Table de compositions biochimiques de quelques matières premières

Matières premières	Paramètres biochimiques										Sources
	MS	MG	MAT	CB	MM	Ca	P	Lys	Met	EM (kcal/kg)	
Tourteau soja	89	nd	48	nd	nd	0,27	0,62	2,96	0,67	2440	Nir, 2003
Tourteau coton	91	1,54	45,1	1,43	7,1	0,22	1,1	1,98	0,65	2110	Larbier et Leclercq, 1992
Farine A poisson	94,15	14,41	26,83	nd	46,79	nd	nd	nd	nd	2667	Nijimbere, 2003
Maïs jaune	88,1	3,72	10,5	3,46	3,15	nd	nd	nd	nd	3718	Nijimbere, 2003
Son de blé	88	nd	16	nd	nd	0,14	0,15	0,61	0,23	1300	Nir, 2003
Coq huitre	nd	nd	nd	nd	nd	38-39	0,02	nd	nd	nd	Larbier et Leclercq., 1992

MS : Matière sèche ; MG : Matière grasse ; CB : Cellulose brute ; MM : Matière minérale ; Ca : Calcium ; P : Phosphore ; Lys : Lysine ; Met : Méthionine ; EM : Energie métabolisable ; nd : Non détecté.

Annexe 3 : Tourteaux utilisés au cours de cette étude



A: Tourteau de cajou



B: Tourteau de soja



C: Tourteau de coton

Annexe 4 : Préparation du matériel, bâtiment d'élevage et l'installation des poussins



F : Matériels d'élevage ; G : Réception des poussins ; H : Coupeau de bois versé dans le bâtiment ; I : Installation des mangeoires premiers âges ; J : Vaccination intra musculaire des poussins ; K : Elevage des poussins en bande unique.

Annexes

Annexe 6 : Plan d'alimentation des poulettes et poules pondeuses au cours des phases de pré-ponte et ponte et fiche d'enregistrement de la ration servie, retirée et consommée

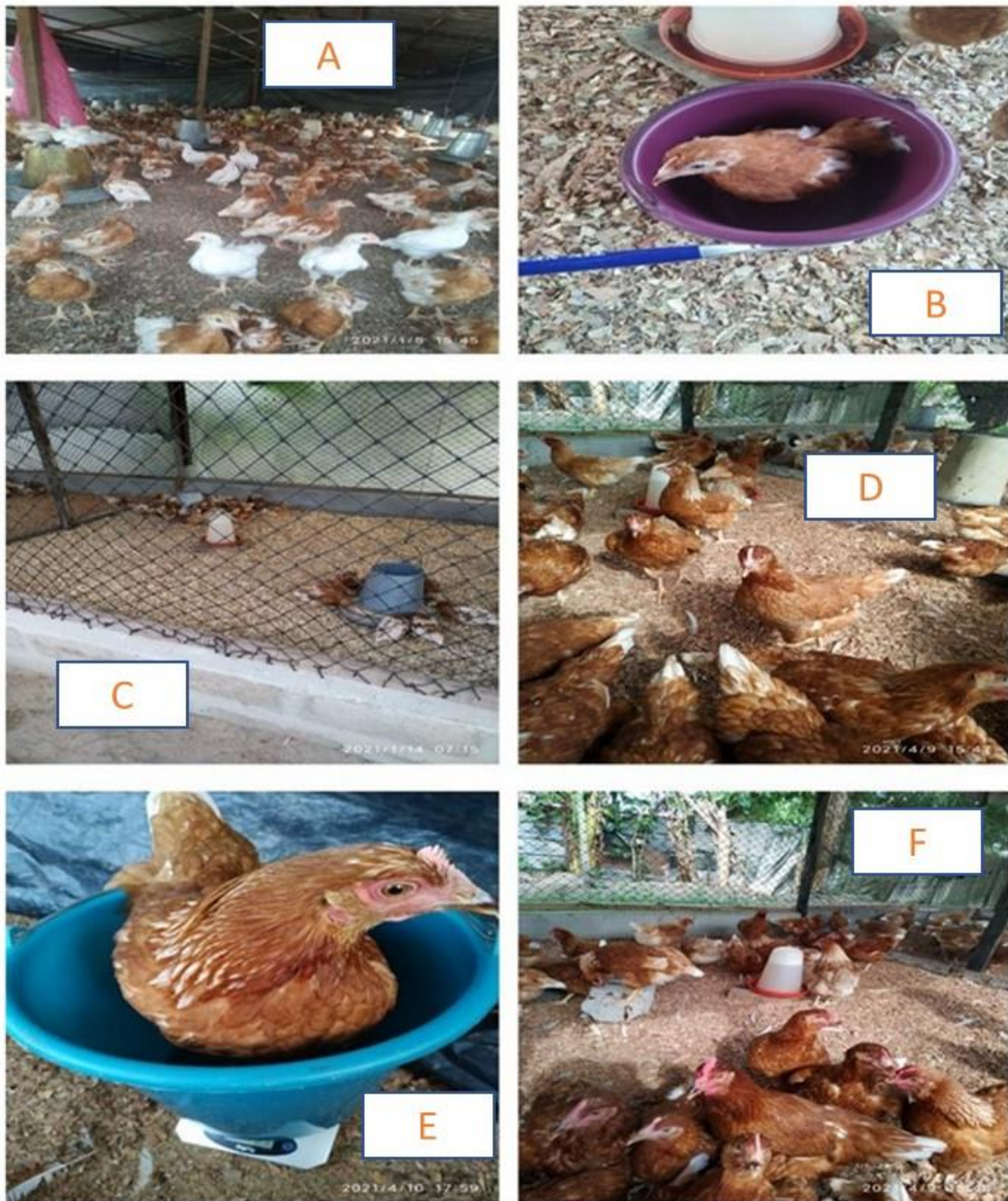


Distribuée à 15 heures (heure locale)

H0 et T0			H1 et T1			H2 et T2			H3 et T3		
Distr	Réti	Cons	Distr	Réti	Cons	Distr	Réti	Cons	Distr	Réti	Cons

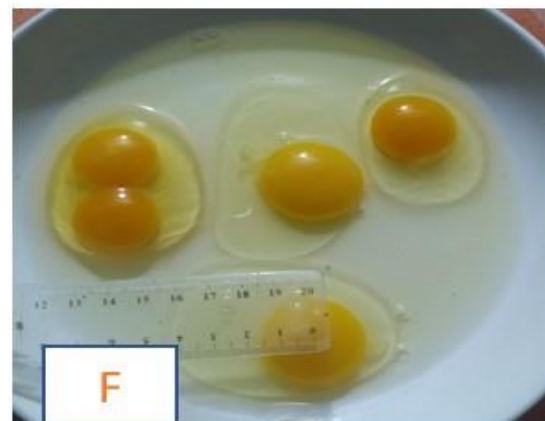
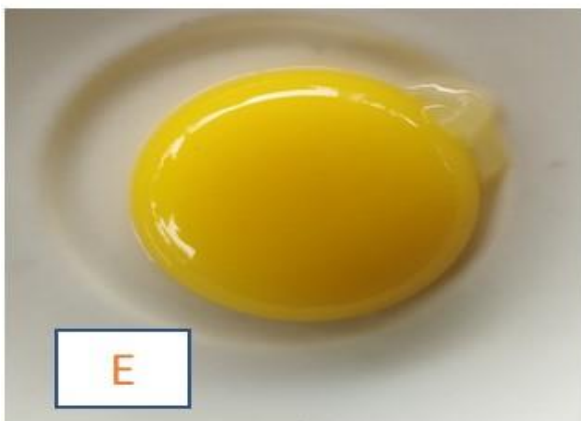
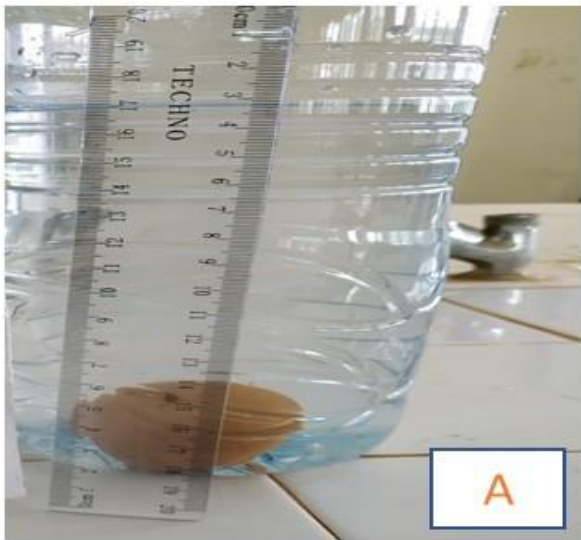
H0 : Aliment de pré-ponte 0 % de tourteau de cajou ; H1 : Aliment de pré-ponte 100 % tourteau de cajou ; C2 : Aliment de pré-ponte 50 % de tourteau de cajou ; C3 : Aliment de pré-ponte 95 % de tourteau de cajou ; T0 : Aliment de ponte 0 % de tourteau de cajou ; T1 : Aliment de ponte 100 % tourteau de cajou ; T2 : Aliment de ponte 50 % de tourteau de cajou ; T3 : Aliment de ponte 95 % de tourteau de cajou ; Distr : Distribué ; Réti : Retiré ; Cons : Consommé.

Annexe 7 : Différentes étapes physiologiques des poules pondeuses



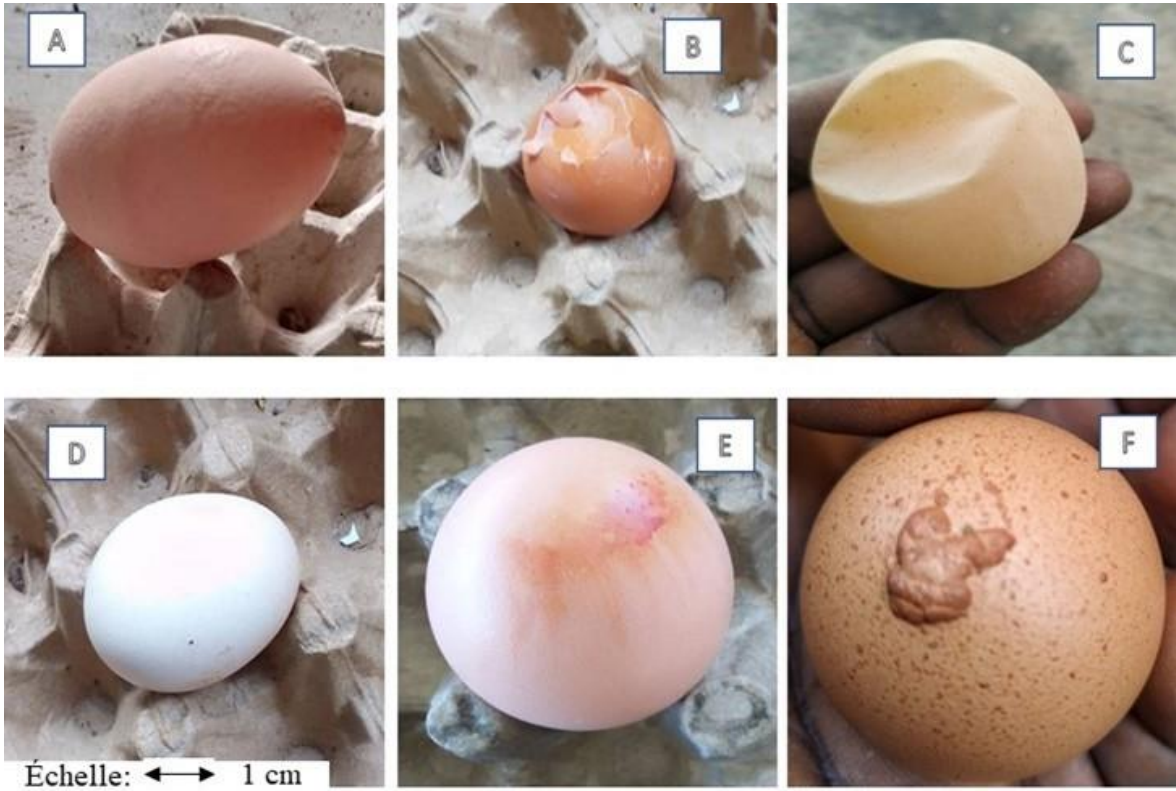
A : Elevage en bande unique (femelles et coquelets ISA Brown) ; B : Sélection des poussins fin 6^{ème} semaine ; C : Répartition des poulettes par lot par aliment ; D : Poulettes à la fin de la phase de croissance ; E : Sélection des poulettes pour la phase de pré-ponte ; F : Poulettes à la fin de la phase de pré-ponte.

Annexe 8 : Contrôle qualité des œufs



A : Epreuve de densité dans l'eau salinisée 10 % ; B : Coquilles des œufs cassés ; C : Œuf vieux ; D : Evaluation de la coloration du jaune d'œuf ; E : Séparation du jaune du blanc d'œuf ; F : Evaluation de la viscosité du blanc de l'œuf.

Annexe 9 : Œufs déclassés



Annexe 10 : Produits d'élevage



A: Poules reformées



B : Œufs collectés chaque semaine

Publications

Publications (05) issues de la thèse

Publication 1 : Diomande Massé., Ouattara Abdoulaye., Fofana Daouda., Ouattara Adama. and Konate Ibrahim. (2023). Effet du tourteau de cajou sur les performances zootechniques des poulettes (ISA Brown) en phase croissance en Côte d'Ivoire. *International Journal of Innovation and Scientific Research* ISSN 2351-8014 Vol. 66 No. 1 Apr. 2023, pp. 9-24 © 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals <http://www.ijisr.issr-journals.org/>

Publication 2: Abdoulaye Ouattara., Masse Diomande., Adama Ouattara. and Ibrahim Konate. (2023). “Influence of feeding pullets (ISA Brown) with cashew meal-based (*Anacardium occidentale*) feeds on zootechnical performance in the pre-laying period in Côte d'Ivoire,” *International Research Journal of Advanced Engineering and Science*, Volume 8, Issue 2, pp. 1-5, 2023.

Publication 3 : Ouattara Abdoulaye., Diomande Masse. and Fofana Daouda. (2023). Influence of the incorporation of cashew meal (*Anacardium occidentale*) in feed on the laying performance of hens (ISA Brown) in Côte d'Ivoire. *International Journal of Life Science Research Archive*, 2023, 04(01), 232–243.

Article DOI: <https://doi.org/10.53771/ijlsra.2023.4.1.0043>.

Publication 4 : Ouattara Abdoulaye, Diomande Masse. and Fofana Daouda. (2023). Impact of cashew meal (*Anacardium occidentale*) incorporation on the economic profitability of laying hen production (ISA Brown) in Côte d'Ivoire. *GSC Advanced Research and Reviews*, 2023, 14(03), 131–140.

Article DOI: <https://doi.org/10.30574/gscarr.2023.14.3.0081>

Publication 5 : Ouattara Abdoulaye., Fofana Daouda., Diomande Massé., Beugre Grah Avit Maxwell., Konate Ibrahim., Bouatene Djakalia. et Beugre Grah Avit Maxwell. (2023). Production et caractérisation biochimique du tourteau de cajou (*Anacardium Occidentale L*)', *International Journal of Current Advanced Research*, 12(04), pp. 1899-1908. DOI: <http://dx.doi.org/10.24327/ijcar.2023.1908.1419>

Publication 1 : Diomande Massé., Ouattara Abdoulaye., Fofana Daouda., Ouattara Adama. and Konate Ibrahim. (2023). Effet du tourteau de cajou sur les performances zootechniques des poulettes (ISA Brown) en phase croissance en Côte d'Ivoire. *International Journal of Innovation and Scientific Research* ISSN 2351-8014 Vol. 66 No. 1 Apr. 2023, pp. 9-24
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals <http://www.ijisr.issr-journals.org/>

Effet du tourteau de cajou sur les performances zootechniques des poulettes (ISA Brown) en phase croissance en Côte d'Ivoire

[Effect of cashew meal on the zootechnical performance of growing pullets (ISA Brown) in Côte d'Ivoire]

Diomande Massé¹, Ouattara Abdoulaye¹, Fofana Daouda¹, Ouattara Adama², and Konate Ibrahim¹

¹Laboratoire d'Agrovalorisation, Département de Biochimie et Microbiologie, UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé, Côte d'Ivoire

²Soil Microbiologist, Plant Pathologist in Rice Program, Research Associate in National Center for Agricultural Research (CNRA), Côte d'Ivoire

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In Côte d'Ivoire, protein feed in poultry farming is expensive. This study was conducted to develop new sources of vegetable protein (cashew cake) in the diet of pullets in the growth phase. For this, 216 ISA Brown pullets aged seven (7) weeks were selected and randomly distributed in four (4) compartments. These constituted batches were subjected to feed T0 (control, 0% cashew cake), T1 (100% cashew cake as the main source of vegetable protein), T2 (50% cashew cake) and T3 (95% cashew cake). Cashew cake-based feeds improved the zootechnical parameters but not significantly. In all batches, an increase in weight gain was observed ranging from 469.2g to 1325g. ADG varied from 8.51 ± 8.13 g/d (T1) to 12.90 ± 6.03 g/d (T0) while food intake (AI) varied from $2514.20 \pm 388, 50$ g (T3) to 2969.87 ± 478.54 g (T0). Also, the consumption index (CI) varied from 3.23 ± 0.60 (T3) to 3.43 ± 0.48 (T1). The incorporation of cashew cake in feed for growing pullets would be an alternative solution to reduce the cost of feed for laying hens in Côte d'Ivoire.

KEYWORDS: Cashew meal, pullet feed, weight growth, consumption index, Ivory Coast.

RESUME: En Côte d'Ivoire, l'alimentation protéique en élevage de volailles coûte chère. Cette étude a été menée afin de valoriser de nouvelles sources de protéine végétale (tourteau de cajou) en alimentation de poulettes en phase croissance. Pour cela 216 poulettes ISA Brown âgées de sept (7) semaines ont été sélectionnées et réparties de façon aléatoire dans quatre (4) compartiments. Ces lots constitués ont été soumis à des provendes T0 (témoin, 0% de tourteau cajou), T1 (100 % tourteaux de cajou comme principale source de protéine végétale), T2 (50 % tourteaux de cajou) et T3 (95 % tourteaux de cajou). Les provendes à base de tourteau de cajou ont amélioré les paramètres zootechniques mais pas de façon significative. Dans tous les lots, une augmentation de la croissance pondérale a été observée allant de 469,2g à 1325 g. Le GMQ a varié de $8,51 \pm 8,13$ g / j (T1) à $12,90 \pm 6,03$ g / j (T0) tandis que l'ingéré alimentaire (IA) a varié de $2514,20 \pm 388,50$ g (T3) à $2969,87 \pm 478,54$ g (T0). Aussi, l'indice de consommation (IC) a varié de $3,23 \pm 0,60$ (T3) à $3,43 \pm 0,48$ (T1). L'incorporation du tourteau de cajou dans les provendes destinées aux poulettes en phase croissance serait une solution alternative pour réduire le coût de provendes de poules pondeuses en Côte d'Ivoire.

MOTS-CLEFS: Tourteau de cajou, provendes de poulettes, croissance pondérale, indice de consommation, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

Le secteur avicole continue à se développer et à s'industrialiser dans de nombreuses régions du monde. La croissance de la population, l'urbanisation, ainsi qu'un plus grand pouvoir d'achat a été de puissants moteurs favorisant cette croissance [1]. De nos jours, l'élevage constitue une importante source de revenus pour une grande partie des populations dans les pays au Sud du Sahara. Associé à l'agriculture, il contribue de manière significative à la lutte contre la pauvreté dans les pays en voie de développement [1,2] où il détient plus de 30% du PIB (Produit Intérieur Brut) agricole [4]. Pour répondre aux besoins de plus en plus croissants des populations en protéines animales, l'Etat de Côte d'Ivoire a initié dès les années 1960, divers programmes de développement de ressources animales. Pour le secteur avicole, les premiers programmes ont porté essentiellement sur la création de centres d'élevage avicole dans certaines villes du pays (Bingerville, Bouaké, Daloa...) [5]. La filière avicole ivoirienne obéit à deux principaux axes. L'un est traditionnel et l'autre est moderne. L'élevage traditionnel couvre l'ensemble du territoire national alors que l'élevage moderne est concentré autour de grandes villes. Au niveau traditionnel, c'est près de 24 700 000 têtes de volailles de races locales qui sont produites chaque année, représentant ainsi 76 % de l'effectif total de volailles [6]. Au niveau de l'élevage moderne, la production est d'environ 7 600 000 têtes par an et représente 24% de l'effectif total. La filière avicole moderne est une activité orientée sur le marché. Dans sa fiche de présentation de l'aviculture ivoirienne [6] l'IPRAVI considère que 170 000 emplois sont créés par cette filière dont 50 000 emplois directs et 120 000 emplois indirects pour un chiffre d'affaires global de 150 Mrds F. La filière avicole ivoirienne couvre 96% des besoins des populations ivoiriennes en volailles [7].

Mais ce secteur nécessite une organisation et un système d'élevage plus performant au niveau traditionnel. Au niveau moderne, la contrainte majeure est liée à la qualité et au coût de l'aliment [8]. L'alimentation constitue la principale composante de l'aviculture; elle représente 70 à 80 % des coûts de production des poulets de chair ou d'œufs de consommation et joue un rôle prépondérant sur les performances et la qualité des produits [9, 10, 11, 12].

Or de nos jours, la satisfaction en intrants alimentaires est d'autant plus cruciaux qu'on assiste sur le marché international au renchérissement du coût des matières ordinaires, en particulier du maïs (principale source d'énergie et plus important en volume dans l'alimentation), mais aussi d'autres matières premières protéiques (soja, arachide, farine de poisson) qui du fait de la concurrence homme-animal, de leur détournement vers les biocarburants, pose des problèmes de disponibilité [13]. Aussi dans la plupart des pays subsahariens, les sources conventionnelles de protéines telles que les tourteaux de soja et d'arachide et la farine de poisson sont en effet rares et donc coûteuses [14]. Des masses croissantes de céréales et de soja sont importées du Nord, entraînant ainsi d'importantes sorties de devises [15]. Les fabricants ont parfois des difficultés à trouver du maïs en qualité et en quantité. Les tourteaux de coton et la farine de poisson achetés également sur place ne sont pas toujours disponibles créant des ruptures de stock. Le tourteau de soja qui est la troisième source de protéines, est importé [7]. L'équilibre protéique de l'aliment coûte cher alors qu'il est l'un des principaux déterminants du résultat technico-économique en production avicole. Quant aux nutritionnistes européens, ceci s'éloigne régulièrement du modèle "céréale-soja" en valorisant divers sous-produits et protéagineux [16].

Pour pallier toutes difficultés que rencontrent bon nombre d'éleveurs, la recherche et la valorisation de ressources alimentaires alternatives et disponibles localement dans l'alimentation des poulets devraient permettre d'améliorer leur productivité tout en maintenant les coûts des intrants et de production en dessous du niveau de l'inflation dans ce système de production avicole [17].

Cette étude vise comme objectif général, la valorisation du tourteau de cajou par incorporation dans la provende des poulettes en phase croissance. Spécifiquement, il s'agira de:

- Formuler et déterminer la composition physicochimique des provendes à base de tourteau de cajou;
- Evaluer les paramètres zootechniques des poules nourries aux provendes à base de tourteau de cajou

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MATÉRIEL

2.1.1 BÂTIMENT ET MATÉRIEL D'ÉLEVAGE

Il s'agit d'un bâtiment de 15/3 m qui a été aménagé en 5 compartiments séparés par des filets. Chaque compartiment avait une superficie de 9m² dans lequel était installé deux abreuvoirs et trois (3) mangeoires coniques. Quatre des cinq compartiments ont été utilisé pour les expérimentations et un a servi de magasin de stockage des matières premières et des

aliments. La ventilation du bâtiment est naturelle avec une orientation Nord-Sud. La litière faite de copeau de bois recouvrait le sol et était renouvelée toutes les trois (3) semaines. Deux balances ont été utilisées pour la pesée des matières premières, des oiseaux et des provendes distribuées et retirées. La balance de marque NAKKO, de capacité 100 kg et de précision 250 g pour la pesée des matières premières intervenant en grande quantité. Et une balance automatique de marque KE-5 de capacité 5 kg et de précision 1g pour la pesée des matières premières de petite quantité, des provendes (servies et retirées), des poulettes, et les produits vétérinaires.

2.1.2 MATÉRIEL BIOLOGIE

A partir de la 7^{ème} semaine, 216 poulettes ont été triées, pesées puis réparties en lot de 54. La répartition s’est faite de façon aléatoire. Elles ont été élevées pendant dix (10) semaines. Cette période d’élevage correspond à la phase croissance qui a durée de la semaine 7 à la semaine 16. Les oiseaux au-cours de cette phase sont soumis à une provende dite de croissance (Figure 1).



Fig. 1. Poulettes ISA Brown issue de l’expérimentation

2.2 METHODES

2.2.1 PRODUCTION DE TOURTEAU DE CAJOU

Le tourteau de cajou utilisé pour la réalisation de cette étude était produit à la ferme. D’abord, les co-produits (poudre d’amande et amandes brisées) et amandes déclassées (trop petites, immatures, perforées par les insectes...) ont été collectées auprès des entreprises impliquées dans la transformation des amandes de cajou en produits semi finis ou finis. Les co-produits et amandes de cajou ont été triés puis broyés. La poudre a été chauffée à l’aide d’un couscoussier (dispositif de cuisson à la vapeur de certains mets). L’huile contenue dans la matrice a été extraite à l’aide d’une machine à presse sans vis communément utilisée lors de la fabrication de l’attiéké en Côte D’Ivoire. Les blocs de tourteaux de cajou ont été concassé à la main puis étalés sur une surface propre (bâche noire) au soleil pendant 14 Heures. Le tourteau produit est alors prêt à être utilisé.

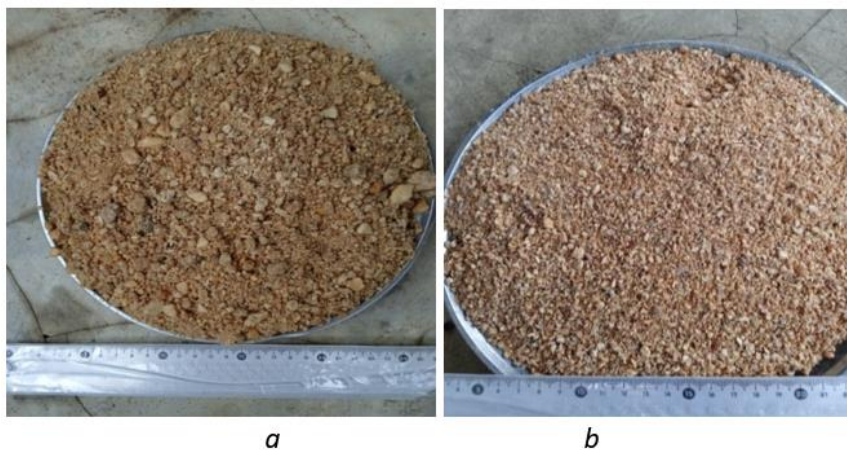


Fig. 2. Tourteaux de cajou (a) et de soja (b)

2.2.2 FORMULATION DES PROVENDES DISTRIBUÉES

Les provendes formulées contiennent des taux variables de tourteau de cajou. Le tourteau de cajou était produit à la ferme. Quant aux autres composants des formulations, les matières premières (maïs, son de blé, tourteau de soja et tourteau de coton et farine de poisson), compléments alimentaires (TNH ponte, coquille d'huitre) et additifs alimentaires (sel, toxo et fysal) sont choisis par rapport à leurs profils nutritionnels, leurs disponibilités et leurs accessibilités. Ainsi, la provende T0, avec un taux d'incorporation de 0 % de tourteau de cajou, était le témoin à partir duquel les autres provendes ont été formulées. La provende T1 était la substitution du tourteau de cajou au tourteau de soja. Dans cette provende, le taux d'incorporation du tourteau de cajou était de 100% comme principale source de protéine végétale. Les provendes T2 et T3 ont deux (2) sources de protéines végétales. Dans la provende T2, le tourteau de cajou est incorporé à hauteur de 50 %. Quant à la provende T3, le taux d'incorporation du tourteau de cajou était de 95 % (**Tableau 1**).

Tableau 1. Composition centésimale des provendes

	M P (kg/100kg de provendes)	Provendes			
		T0	T1	T2	T3
S P	Tourteau de cajou	19	0	9,5	0
	Tourteau de soja	0	19	9,5	18,05
	Tourteau de coton	0	0	0	0,95
S E	Maïs jaune	60	60	60	60
	Son de blé	17,8	17,8	17,8	17,8
Comp	CMV (TNH ponte)	1,3	1,3	1,3	1,3
	Coquille d'huitre	1	1	1	1
Additifs	Sel (NaCl)	0,4	0,4	0,4	0,4
	Fysal	0,3	0,3	0,3	0,3
	Toxo	0,2	0,2	0,2	0,2
	Total	100	100	100	100

M P (matières premières), T0 (témoin 0% tourteau de cajou), T1 (substitution tourteau de cajou au tourteau de soja 100% tourteau de cajou), T2 (provende avec 50% tourteaux de cajou), T3 (provende avec 95% tourteaux de cajou), S P (sources protéiques), S E (sources énergétiques), Comp (compléments), CMV (complexes minéraux et de vitamines équilibrés), NaCl (chlorure de sodium).

2.2.3 ANALYSES CHIMIQUES DES PROVENDES

La détermination de l'humidité et de la matière sèche a été effectuée selon la méthode AOAC [18]. Cette méthode consiste à évaporer l'eau contenue dans les échantillons de tourteau de cajou par séchage dans une étuve ventilée à 105 °C jusqu'à masse constante. La détermination des matières grasses a été faite par extraction au Soxhlet selon la méthode AOAC. 960.39 [19] en utilisant l'hexane comme solvant. La teneur en protéine des échantillons a été déterminée au Kjeldahl selon la méthode AOAC 979.09 [19], qui consiste à minéraliser l'azote protéique en ammoniac pour le doser ensuite par acidimétrie. La teneur en cellulose brute a été déterminée par la méthode décrite par Aubry [20] Le résidu est filtré dans un creuset en verre fritté, rincé abondamment, séché, pesé, calciné à 500°C puis repesé. La différence de poids correspond à la cellulose brute présente dans l'échantillon d'essai. La teneur en cendres a été déterminée selon la méthode AOAC 923.03 [19], qui consiste à incinérer 5 g de l'échantillon au four à 550°C, pendant 4 heures. L'énergie métabolisable a été calculé par la formule de Sibbald [21]: $EM (kcal/kg) = 3951 + 54,4 MG - 88,7 CB - 40,8 CE$. La teneur des minéraux du tourteau a été déterminée après minéralisation de l'échantillon selon la méthode décrite par Houba *et al* [22], Le profil et la quantité des acides aminés totaux a été déterminé par HPLC en phase inverse, en utilisant le système Pico-Tag décrit par Bindlingmeyer *et al* [23], La séparation, l'identification et le dosage des vitamines lipo et hydrosolubles sont réalisés par HPLC en phase inverse sur support de microsilice greffée en C18. Les vitamines hydrosolubles sont directement séparées.

2.3 ELEVAGE ET SUIVI DES POULETTES

Au départ, 1000 poussins futurs pondeuses et 250 poussins coquelets d'un jour sont élevés en bande unique. Ils ont été élevés dans les conditions classiques de poulettes futures pondeuses. A la fin de la 6^{ème} semaine, 216 poulettes ont été sélectionnées et repartir de façon aléatoire dans quatre (4) loges. A partir de la 7^{ème} semaine, elles ont été soumises aux

différentes provendes formulées. Les provendes distribuées contenaient un taux variable de tourteau de cajou. Ainsi, le lot témoin a reçu une provende dite T0. Dans cette provende, le taux d'incorporation du tourteau de cajou était de 0 %. Le lot T1, est une substitution du tourteau de cajou au tourteau de soja. Le taux d'incorporation du tourteau de cajou est de 100 %. Quant aux lots T2 et T3, deux sources de protéines végétales ont été utilisées. La provende T2, avec un taux d'incorporation du tourteau de cajou de 50 % et T3, avec un taux d'incorporation du tourteau de cajou de 95 % ont été soumises aux lots T2 et T3. Tous les lots ont bénéficié des mêmes prophylaxies (sanitaire et médicale).

2.3.1 PLAN D'ALIMENTATION ET MESURES DES PARAMÈTRES ZOOTECHNIQUES

Les poulettes à partir de la 7^{ème} semaine ont été soumises aux nouvelles provendes produites. Ainsi, de la semaine 7 à la semaine 16, elles ont reçu une provende dite de croissance. Les poulettes ont été servies une fois par jour et à 15 heures.

2.3.2 PARAMÈTRES ZOOTECHNIQUES

Les poulettes ont été pesées en début d'expérimentation et chaque fin de semaine. Les restes d'aliments distribués ont été pesés. A la fin de l'expérimentation, les paramètres zootechniques pour chaque lot tels que le taux de mortalité, la consommation moyenne de nourriture, l'indice de consommation et la variation pondérale ont été évalués [24]. Quant à l'évaluation économique, elle a consisté à l'établissement des coûts de production et du produit d'exploitation.

2.4 ANALYSE STATISTIQUE

Les résultats obtenus au cours cette étude ont été analysés grâce au logiciel SAS. Les valeurs moyennes par lot issues des critères d'études ont été soumises à une analyse de variance (ANOVA), suivie d'une comparaison de moyenne selon le test de Newman-Keuls au seuil de signification de 5 %. Les calculs numériques et la construction des graphiques ont été effectués avec le logiciel Excel.

3 RESULTATS

3.1 COMPOSITION BIOCHIMIQUE

Les taux d'humidité des provendes T0, T2, T1 et T3 sont respectivement $11,79 \pm 0,31$ %; $11,38 \pm 0,14$ %; $10,93 \pm 0,07$ % et $10,59 \pm 0,30$ %. Au plan statistique, les taux d'humidité des différentes provendes présentent une différence significativement ($P \geq 0,05$) entre elles. Cependant, entre T0 et T2 il n'y a aucune différence significativement ($P \geq 0,05$) entre elles, également, entre T1 et T2, aucune différence significativement ($P \geq 0,05$) entre elles n'est à signaler. Les meilleurs taux d'humidité sont enregistrés dans les provendes T3 et T1 (**Tableau 2**).

La matière sèche des provendes T3, T1, T2 et T0 étaient respectivement $89,40 \pm 0,30$ %; $89,07 \pm 0,07$ %; $88,61 \pm 0,14$ % et $88,20 \pm 0,31$ %. Au plan statistique, les proportions de matière sèche dans les différentes provendes présentent une différence significativement ($P \geq 0,05$) entre elles. Mais entre T3 et T1, il n'y a aucune différence significativement ($P \geq 0,05$) entre elles. Les provendes T2 et T0 ne présentent aucune différence significativement ($P \geq 0,05$) entre elles. Les meilleurs taux de matière sèche sont enregistrés avec les provendes T3 et T1 (**Tableau 2**). Le taux d'humidité et la matière sèche évoluent inversement.

La teneur en protéine des provendes T2, T0, T3 et T1 est respectivement de $20,04 \pm 0,07$ %, $19,57 \pm 0,53$ %, $19,39 \pm 0,17$ % et de $18,69 \pm 0,30$ %. Les analyses statistiques ont révélé que le taux de protéine de la provende T1 est significativement faible ($p < 0,05$) par rapport au taux observés dans les provendes T2, T0 et T3 (**Tableau 2**).

Le taux élevé des cendres est enregistré avec la provende T3 de $5,99 \pm 0,01$ %. Il est statistiquement ($P \geq 0,05$) supérieur à ceux des provendes T1, T2 et T3 respectivement de $5,22 \pm 0,12$; $5,20 \pm 0,14$ et $5,09 \pm 0,11$ % (**Tableau 2**).

La valeur élevée de matière grasse est obtenue avec la provende T3 ($11,64 \pm 0,49$ %) comparativement aux provendes T2 ($8,12 \pm 0,04$ %), T0 ($7,68 \pm 0,47$ %) et T1 ($6,30 \pm 0,19$ %). Toutefois la provende T1 a affiché le faible taux de matière grasse au seuil de 5 %. La teneur en cellulose de la provende T2 ($5,39 \pm 0,11$ %) est statistiquement supérieure à celles des provendes T0 ($4,94 \pm 0,07$ %), T3 ($4,78 \pm 0,09$ %) et T1 ($4,55 \pm 0,15$ %). La provende T1 donne la plus faible valeur au seuil de 5 % (**Tableau 2**).

L'énergie métabolisable résultante de la provende T3 ($3915,90 \pm 34,30$ Kcal / Kg de MS) est plus élevée que celles dans les provendes T0 ($3722,29 \pm 23,61$ Kcal / Kg de MS), T2 ($3702,74 \pm 13,02$ Kcal / Kg de MS) et T1 ($3677,22 \pm 2,40$ Kcal / Kg de MS). Au seuil de signification de 5 % selon le test de Student-Newman.

Tableau 2. Composition physicochimique des provendes

Paramètres	Provendes				F	Pr >F
	T0	T1	T2	T3		
Humidité (g/100g de provendes)	11,79±0,31 ^a	10,93±0,07 ^b	11,38±0,14 ^a	10,59±0,30 ^b	15,14	0,0012
Matière sèche (g/100g MS)	88,20±0,31 ^b	89,07±0,07 ^a	88,61±0,14 ^b	89,40±0,30 ^a	15,14	0,0012
Protéine (g/100g MS)	19,57±0,53 ^a	18,69±0,30 ^b	20,04±0,07 ^a	19,39±0,17 ^a	9,12	0,0058
Cendres (g/100g MS)	5,09±0,11 ^b	5,22±0,12 ^b	5,20±0,14 ^b	5,99±0,01 ^a	42,29	<0,0001
Matière grasse (g/100g MS)	7,68±0,47 ^a	6,30±0,19 ^c	8,12±0,04 ^a	11,64±0,49 ^a	122,51	<0,0001
Cellulose (g/100g MS)	4,94±0,07 ^b	4,55±0,15 ^c	5,39±0,11 ^a	4,78±0,09 ^b	31,27	<0,0001
EM (Kcal/Kg de MS)	3722,29±23,61 ^b	3677,22±2,40 ^b	3702,74±13,02 ^b	3915,90±34,30 ^a	74,87	<0,0001

a, b, c, d (les valeurs affectées de différentes lettres sur la même ligne sont significativement différentes), T0 (0% de tourteau de cajou), T1 (100% tourteaux de cajou), T2 (50% tourteaux de cajou), T3 (95% tourteaux de cajou, EM (énergie métabolisable), MS (matière sèche)

3.2 COMPOSITION EN ÉLÉMENTS MINÉRAUX

Les minéraux dosés dans les échantillons de provendes ont permis de ranger en deux grands groupes (macro et microéléments minéraux). Les teneurs sont exprimées en mg / 100 g de MS. Les teneurs en ces éléments minéraux ont été dosées dans le but de compenser le déficit à une période de la vie des animaux.

3.2.1 MACROÉLÉMENTS MINÉRAUX

La figure 2 présente les teneurs en macro-minéraux (Ca, P, Mg, Na et K) des provendes expérimentales (T0, T1, T2 et T3) distribuées. Les teneurs en ces minéraux ont varié. Ainsi, la teneur en Ca de la provende T3 (0,6 ± 0,01 mg / 100 g de MS) est la plus élevée au seuil de 5 %. Les provendes T0, T1 et T2 sont statistiquement identiques au seuil de 5 %. La provende T1 a eu les fortes teneurs en P (1,45 ± 0,03 mg / 100 g de MS), Mg (1,04 ± 0,01 mg / 100 g de MS), Na (1,05 ± 0,07 mg / 100 g de MS) et K (1,05 ± 0,03 mg / 100 g de MS). Dans la provende T2, le phosphore et le potassium sont à l'état de trace.

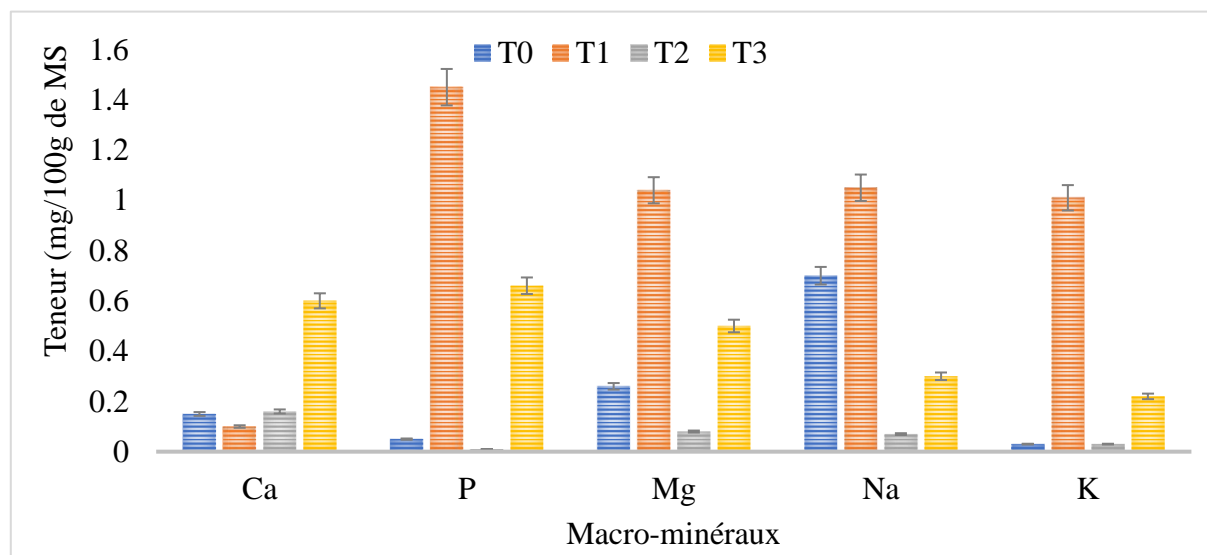


Fig. 3. Macro-minéraux comparés des provendes à la croissance

T0: provende avec 0% tourteau de cajou, T1: provende avec 100% tourteaux de cajou, T2: provende avec 50% tourteaux de cajou, T3: provende avec 95% tourteaux de cajou, Ca: calcium, P: phosphore, Mg: magnésium, Na: sodium, K: potassium

3.2.2 OLIGOÉLÉMENTS MINÉRAUX

Les oligo-éléments minéraux dosés dans les provendes expérimentales (T0, T1, T2 et T3) sont résumés par la **figure 3**. Dans l'ensemble, la provende T1 affiche les teneurs les plus élevées en Cu ($1,01 \pm 0,01$ mg / 100 g de MS), Mn ($1,03 \pm 0,01$ g / 100 g de MS), Fe ($1,09 \pm 0,03$ mg / 100 g de MS) et Zn ($1,01 \pm 0,02$ mg / 100 g de MS) au seuil de 5 %. Les plus faibles valeurs sont dosées dans la provende T2 au seuil de 5 %.

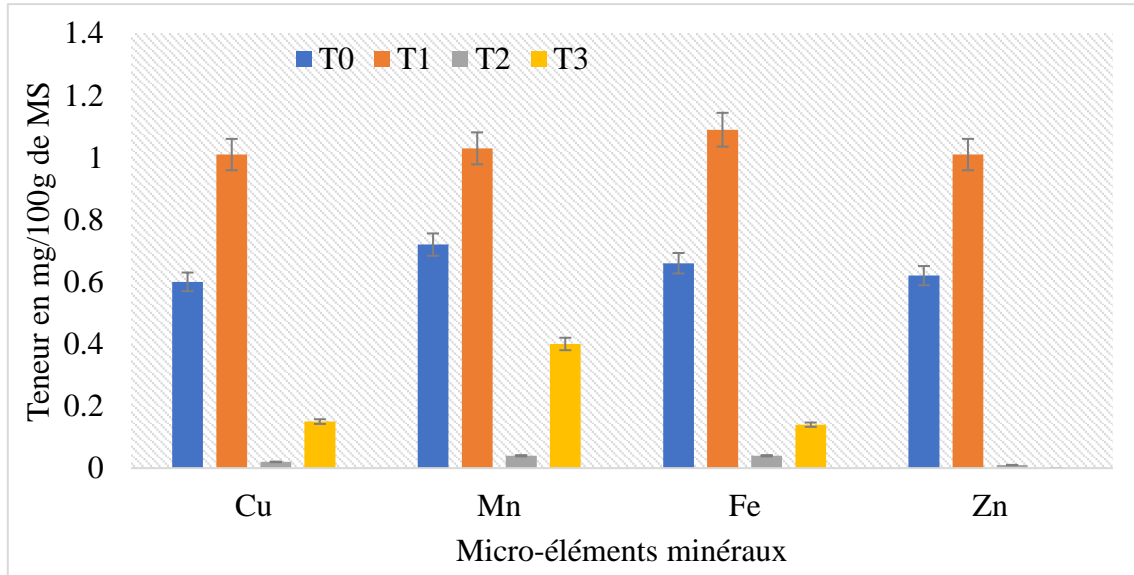


Fig. 4. Microéléments minéraux comparés des provendes

T0: provende avec 0 % tourteau de cajou, T1: provende avec 100 % tourteaux de cajou, T2: provende avec 50 % tourteaux de cajou, T3: provende avec 95 % tourteaux de cajou, Cu: cuivre, Mn: Manganèse, Fe: fer, Zn: zinc

3.3 COMPOSITION EN VITAMINE

Les résultats d'analyse vitaminique sont consignés dans le **Figure 4**. Ces résultats nous ont permis de scinder les vitamines en deux groupes. Les Vitamines hydrosolubles constituées des vitamines B1, B2, B9 et C et les vitamines liposolubles, la vitamine A. Les teneurs en vitamine ont varié d'une provende à une autre, aussi d'une phase physiologique à une autre. D'autres n'ont pas été détecté dans certaines provendes. Les vitamines B2 et C sont présentes dans toutes les provendes à toutes les phases physiologiques. Cependant, les vitamines B9 et A ne sont pas présentes dans toutes les provendes à toutes les phases physiologiques. Quant à la vitamine B1, elle fut détectée dans toutes les provendes à toutes les phases physiologiques sauf dans la provende T2 de la phase pré-ponte.

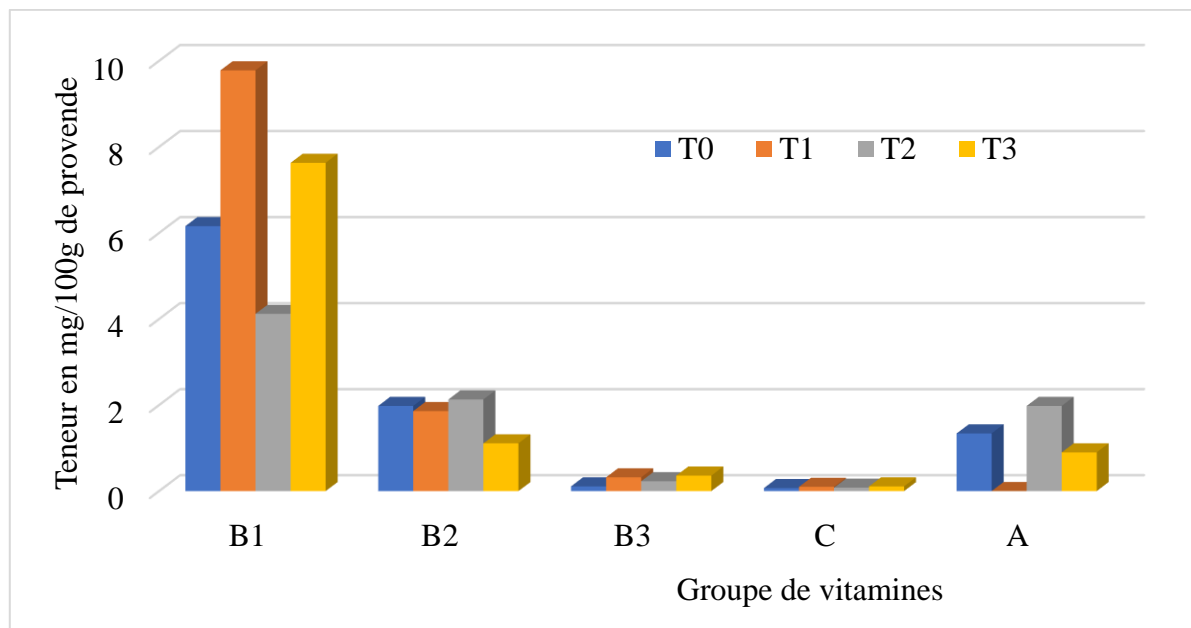


Fig. 5. Composition Vitaminique des provendes

T0: provende avec 0 % tourteau de cajou, T1: provende avec 100 % tourteaux de cajou, T2: provende avec 50 % tourteaux de cajou, T3: provende avec 95 % tourteaux de cajou.

3.4 AMINOGRAMME DES PROVENDES

Dans la provende T0, huit (8) AA ont été détectés. Dans les provendes T1, T2 et T3, les profils d'acide aminé affichent respectivement 7, 9 et 8 acides aminés (Figures 5, 6, 7 et 8).

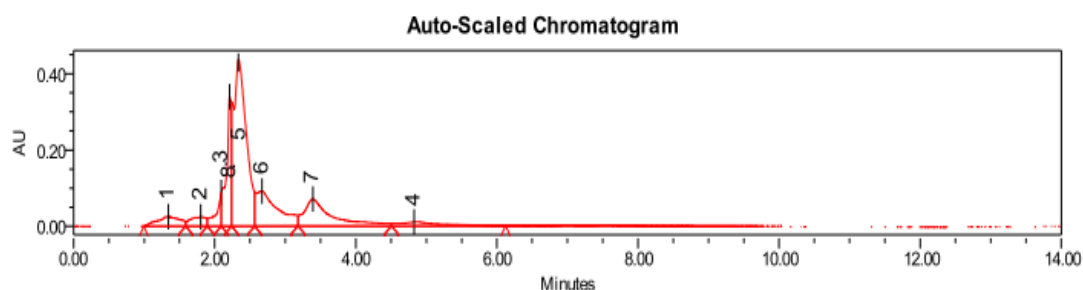


Fig. 6. Profil Chromatographique par HPLC des acides aminés dans l'extrait de la provende T0

Pics détectés à 260 nm: 1 (Lysine 15,2491%), 2 (Alanine 0,7315%), 3 (Tryptophane 0,2420%), 4 (Méthionine 0,0656%), 5 (Proline 18,7815%), 6 (Valine 3,8401%), 7 (Arginine 6,0510%) et 8 (Tyrosine 0,5965%)

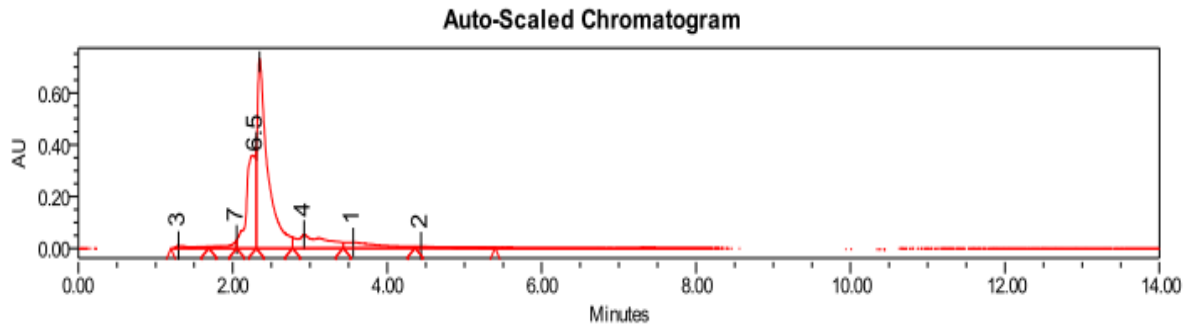


Fig. 7. Profil Chromatographique par HPLC des acides aminés dans l'extrait de la provende T1

Pics détectés à 260 nm: 1 (Proline 2,3933%), 2 (Méthionine 0,0277%), 3 (Lysine 4,8161%), 4 (Tyrosine 0,5099%), 5 (Glycine 2,6319%), 6 (Tryptophane 3,9459%) et 7 (Alanine 0,4636%).

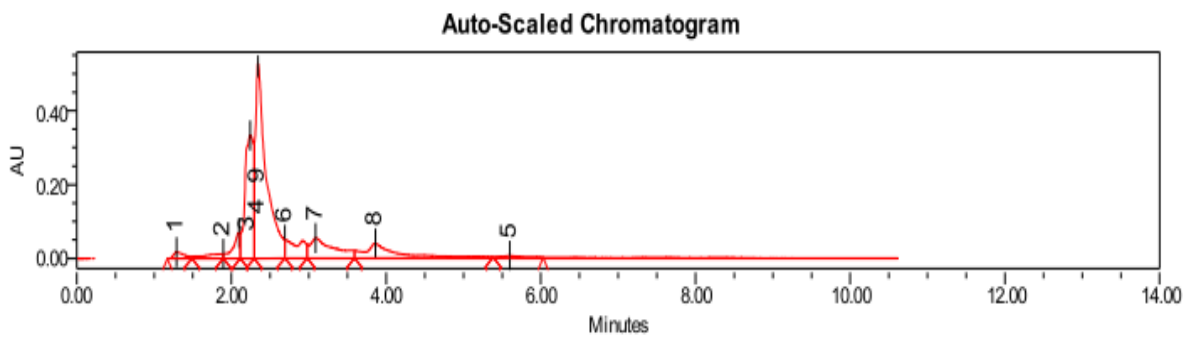


Fig. 8. Profil Chromatographique par HPLC des acides aminés dans l'extrait de la provende T2

Pics détectés à 260 nm: 1 (Lysine 4,4696%), 2 (Alanine 0,4098%), 3 (Glycine 0,3644%), 4 (Tryptophane 1,4685%), 5 (Méthionine 0,0131%), 6 (Proline 3,9553%), 7 (Valine 2,2114%), 8 Arginine 3,5569%) et 9 (Tyrosine 1,9450%).

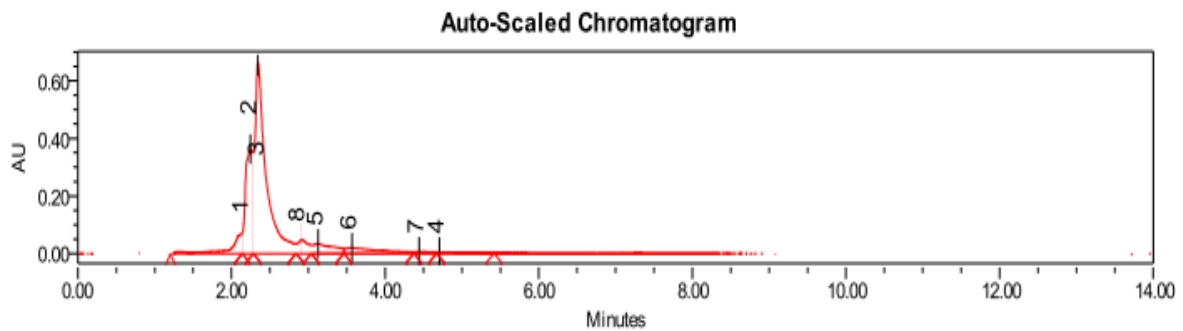


Fig. 9. Profil Chromatographique par HPLC des acides aminés dans l'extrait de la provende T3

Pics détectés à 260 nm: 1 (Lysine 19,0994%), 2 (Alanine 4,6359%), 3 (Tryptophane 3,8788%), 4 (Méthionine 0,0154%), 5 (Proline 2,1698%), 6 (Valine 1,1637%), 7 (Arginine 0,2655%) et 8 (Tyrosine 0,1698%).

4 PARAMÈTRES ZOOTECHNIQUES

4.1 CROISSANCE PONDÉRALE

Le poids moyen des poulettes nourries avec les provendes T0 (témoin) et T2 (50 % tourteaux de cajou) ont été significativement ($p \geq 5\%$) plus élevés que ceux des provendes T1 et T3. Cependant entre les provendes T0 et T2, aucune différence significative ($p \geq 5\%$) n'est observée de même entre les provendes T1 et T3 (**Figure 10**).

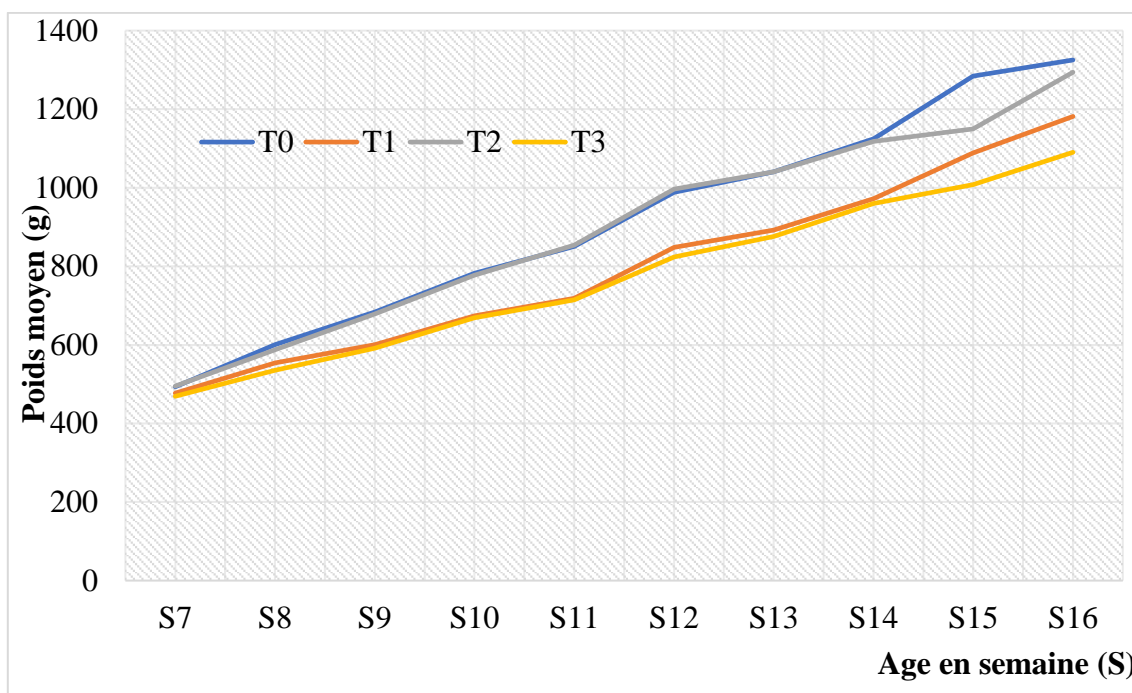


Fig. 10. Evolution du poids moyen des poulettes

T0: provende avec 0 % tourteau de cajou, T1: provende avec 100 % tourteaux de cajou, T2: provende avec 50 % tourteaux de cajou, T3: provende avec 95 % tourteaux de cajou

4.2 GAIN MOYEN QUOTIDIEN (GMQ)

Au cours de la phase de croissance, les gains moyens quotidiens (GMQ) enregistrés étaient de $12,90 \pm 6,03$ pour le lot nourri à la provende T0, $12,30 \pm 4,51$ pour le lot recevant la provende T2, $9,37 \pm 2,62$ pour les poulettes soumises à la provende T3 et $8,51 \pm 8,13$ pour les poulettes alimentées à la provende T1. L'analyse statistique a révélé que le GMQ des poulettes soumises aux provendes T3 et T1 étaient significativement ($p < 0,05$) inférieur à ceux des poulettes recevant les provendes T0 et T2 (Tableau 3).

4.3 INGESTION DES PROVENDES

L'ingestion des provendes des poulettes a été affectée statistiquement par la formulation durant la phase croissance ($p > 0,05$). Ainsi, les poulettes soumises aux provendes T0 (2969,87 g) et T2 (2936,70 g) ont une meilleure consommation des provendes comparativement aux provendes T1 et T3 respectivement de 2723,90 et 2514,20 g. La provende T3 a été la moindre consommée (Tableau 3).

4.4 INDICE DE CONSOMMATION

Au cours de la phase de croissance, les indices de consommation enregistrés étaient de $3,23 \pm 0,60$ pour le lot de poulette soumis à la provende T3, $3,30 \pm 0,68$ (T0), $3,35 \pm 0,92$ (T2) et $3,43 \pm 0,48$ pour les poulettes recevant la provende T1 (Tableau 3). Sur le plan statistique, les indices de consommation des différentes provendes ne présentent aucune différence significativement ($P \geq 0,05$) entre eux.

4.5 TAUX DE MORTALITÉ

Au-cours de la phase croissance, dans l'ensemble aucune anomalie n'a été constaté quel que soit les poulettes soumises aux provendes. Aucune mortalité n'est enregistrée durant les essais (Tableau 3).

Tableau 3. Paramètres zootechniques mesurés

Lots	Paramètres zootechniques mesurés			
	GMQ (g/j)	IA (g)	IC	Taux mort
T0	12,90 ± 6,03 ^a	2969,87 ± 478,54 ^a	3,30 ± 0,60 ^a	0
T1	8,51 ± 8,13 ^c	2723,90 ± 424,19 ^b	3,43 ± 0,48 ^a	0
T2	12,30 ± 4,51 ^a	2936,70 ± 379,79 ^a	3,35 ± 0,92 ^a	0
T3	9,37 ± 2,62 ^{bc}	2514,20 ± 388,50 ^c	3,23 ± 0,60 ^a	0

a, b, c: les valeurs affectées de différentes lettres dans la même colonne sont significativement différentes, T0: témoin 0 % tourteau de cajou, T1: 100 % tourteau de cajou, T2: 50 % tourteaux de cajou, T3: 95 % tourteaux de cajou, GMQ: gain moyen quotidien, IA: ingestion alimentaire, IC: indice de consommation, g/j: gramme par jour

5 DISCUSSION

5.1 COMPOSITION CHIMIQUE DES PROVENDES

Le secteur de l'alimentation animale vise à fournir à l'élevage, des aliments concentrés et équilibrés répondant aux plus près des besoins spécifiques des différents stades physiologiques des animaux [25]. Les matières premières protéiques (tourteaux), énergétiques (maïs, son de blé), minérales (coquille d'huitre, CMV) et additifs (toxos, fusal, NaCl) sont utilisées pour la production des provendes expérimentales. Et leurs taux d'incorporation sont fonctions du stade physiologique. Les matières premières (grains de maïs) ont été broyées en fonction de la préhension des poulettes à cette phase physiologique. Une particule alimentaire peut se définir par sa taille, sa forme, sa ou ses couleur(s), sa dureté, sa densité, son élasticité, sa rugosité [26]. Les composants des provendes sont mises ensemble puis soigneusement mélangées. Les particules alimentaires diffèrent par leurs tailles. Le tourteau de cajou, le maïs jaune, le tourteau de soja et le tourteau de coton sont gossiers par rapport au CMV TNH ponte, coquillage d'huitre, le sel (NaCl), toxo et le fusal qui sont encore plus fines. Aussi, la coloration des provendes est également observée. La coloration maronne du tourteau de cajou a eu un impact sur les provendes à base de tourteau de cajou. Allant du marron clair (T2) au marron foncé (T3).

Un aliment est aussi une substance qui doit fournir à l'animal l'énergie et les éléments nécessaires à son maintien en vie et donc couvrir les besoins d'entretien. Selon Périquet [27] une bonne alimentation est la première condition pour la réussite d'un élevage. Pour les animaux d'élevage, l'aliment devra en plus apporter assez de nutriments pour répondre aux besoins de production (œufs ou viande) [28]. L'humidité contenue dans les provendes a été déterminée. Ainsi dans la provende T0, le taux d'humidité est de 11,79 ± 0,31 %. Celles des provendes T2, T1 et T3 sont respectivement de 11,38 ± 0,14; 10,93 ± 0,07 et 10,59 ± 0,30 %. Les valeurs sont supérieures à celle de Touré [29] (9,90 ± 0,75 %) obtenue lors de leurs études. Parallèlement, la matière sèche des provendes a été calculée. La provende T0 affiche 88,20 ± 0,31 %. Les provendes T2, T1 et T3 affichent 88,61 ± 0,14; 89,07 ± 0,07 et 89,40 ± 0,30 % respectivement. Les résultats sont comparables aux résultats de Manassé [30] au cours de ses études. Pour cet auteur, ces résultats sont compris entre 88,76 et 89,19 %. Les teneurs en matières sèches des provendes analysées respectent les normes généralement admises pour les farines destinées à la consommation des poules. Selon cette norme, le taux d'humidité de devrait excéder 14 % et la matière sèche 86 % [31]. Les provendes peuvent être classées parmi les aliments très secs. Cet état de siccité est favorable à la conservation des provendes, puisque, dans les produits déshydratés ou fortement séchés, l'activité de l'eau atteint des valeurs suffisamment basses pour interdire le développement d'une forte proportion de micro-organismes [32]. Seules les spores et quelques formes végétatives peuvent persister. La stabilité et la sécurité des provendes sont donc notablement garanties. L'humidité et la matière sèche sont deux (2) facteurs limitants la conservation d'une provende. La teneur en humidité influe également sur la stabilité et la qualité des produits.

Le taux de protéine de la provende T0 est de 20,83 ± 0,17 %. Ceux des provendes T2, T1 et T3 sont respectivement de 20,42 ± 0,30; 18,43 ± 0,42 et 17,57 ± 0,59 %. Les provendes T0, T1 et T2 ont des taux de protéines supérieurs à celui trouvé par Touré *et al* en 2020 (17,78 ± 0,67 %). Quant à la provende T3, le taux de protéine se rapproche à celui des mêmes auteurs. Toutefois, les provendes T1 et T3 ont des teneurs en protéines qui se rapprochent de la norme recommandée par Chaloub [33] et Bedrane [34] qui est de 18 % pour une énergie métabolisable comprise entre 2300 - 2800 kcal / kg d'aliment. Quant à la norme O.C.C [31] les provendes T1 et T3 ont des teneurs en protéines qui concordent avec la norme. Elle fixe le taux de protéines pour les poules en phase croissance en 14 et 20%. La valeur nutritionnelle d'une protéine correspond au pourcentage d'azote ingéré effectivement utilisé pour la synthèse protéique.

Les cendres représentent l'ensemble des minéraux contenus dans les provendes. Le taux de cendres des provendes T0 (5,09 ± 0,11 %), T1 (5,22 ± 0,12 %) et T2 (5,20 ± 0,14 %) sont inférieurs à celui de la provende T3 (5,99 ± 0,01 %). Ces teneurs sont comparables à celle de l'aliment poulette unique (6-22 semaines) obtenus par Touré [29] pendant leurs études sur le

contrôle de la qualité granulométrique et nutritionnelle des aliments pour animaux à la Société Meunière et Avicole du Gabon (SMAG). Toutefois, ces valeurs restent inférieures à celle de la provende distribuée par Sidibé en 2013 qui est 12 % pendant ces expérimentations sur la comparaison de deux races de poules pondeuses. Le faible taux de cendres dans nos provendes traduit aussi une faible teneur en sels minéraux qui sont des éléments indispensables au bon fonctionnement de l'organisme et à la croissance des volailles.

La teneur en matière grasse des provendes T2, T1, T3 et T0 sont respectivement de $12,57 \pm 0,44$; $9,77 \pm 0,23$; $7,48 \pm 0,39$ et $7,28 \pm 0,36$ %. En dehors de la provende T2, les autres provendes (T0, T1 et T3) ont leurs teneurs en matière grasse inférieure à celle obtenue dans l'aliment ponte ($11,34 \pm 0,00$ %) obtenue par Ponka *et al* [35] de leurs études sur l'évaluation nutritionnelle de quelques ingrédients entrant dans la formulation alimentaire des poules pondeuses et porcs d'une ferme d'élevage au Nord-Ouest Cameroun. Cependant, toutes ces valeurs sont supérieures à la Norme 052/ 4-1 (6 %) (O.C.C, 1998). Aussi, ces valeurs sont supérieures à la recommandation de Novogen Brown [36] (3,0 - 4,5 %) en période de croissance. Ces fortes valeurs peuvent être expliquées par la présence du tourteau de cajou dans les provendes du fait de la technique de production du tourteau de cajou. Le procédé est techniquement complexe et ses effets sont parfois aléatoires, car l'échauffement dépend de nombreux paramètres parfois difficiles à maîtriser et à optimiser. Les graines riches en huile ne s'échauffent pas suffisamment et doivent être associées à une céréale ou une légumineuse riche en amidon [37] ou à des matières premières absorbantes comme le son. Cette forte teneur en matière grasse des provendes est bénéfique pour la production des poules pondeuses car les matières grasses ont des propriétés lubrifiantes recherchées sur le plan technique pour la fabrication des aliments composés. Elles permettent notamment de réduire le coût énergétique et l'usure du matériel et améliore leur palatabilité [38]. La graisse possède un effet extra calorique qui réduit la vitesse du transit digestif de la ration, en améliorant ainsi l'absorption du reste des nutriments. Les provendes à base de tourteau de cajou sont donc une bonne source d'énergie pour les poulettes du fait de la proportion élevée de matière grasse.

La cellulose est un polysaccharide constitué de longues chaînes non ramifiées de β 1,4-glucopyranose. La teneur en cellulose des provendes T2, T1, T3 et T1 sont respectivement de $6,09 \pm 0,20$; $5,95 \pm 0,20$; $4,85 \pm 0,14$ et $4,49 \pm 0,21$ %. Ces taux sont tous inférieurs à la recommandation (7 %) [39,40]. Selon ITAB [39], la teneur maximale de cellulose dans l'alimentation des poulettes âgées de plus de 7 semaines et des poules pondeuses en période de ponte ne devrait excéder 7 %. Le taux de cellulose a varié d'une provende à une autre et d'une source de protéine à une autre. Ceci peut être dû à la variabilité des teneurs en cet élément dans les matières premières employées. Selon Malumba [41] la variabilité de la cellulose peut être dû soit à la variabilité des teneurs en cet élément dans les matières premières employées ou encore à une variabilité au niveau des méthodes d'analyses mises en œuvre. En effet, la cellulose brute dosée dans un échantillon quelconque est le résultat des méthodes arbitraires d'analyses. Elle ne représente pas une mesure définie d'une substance ou d'un groupe spécifique [42]. Ces faibles teneurs dans les provendes seront bénéfiques pour le secteur de la production animale (poules pondeuse) puisque le niveau de cellulose dans une ration va d'une part tendre à abaisser la quantité d'énergie métabolisable et d'autre part va jouer sur la digestibilité de l'aliment ainsi que sur sa vitesse de transit dans le tube digestif [43]. L'énergie métabolisable des provendes T0, T1, T2 et T3 est de $3533,53 \pm 6,04$; $3664,83 \pm 17,37$; $3659,90 \pm 7,88$ et $3610,46 \pm 35,08$ Kcal / kg de provende respectivement. Ces valeurs sont supérieures au besoin en énergie (2 750 kcal d'E.M par Kg d'aliment) [44], (2600 Kcal / kg d'aliment) [45] de leurs études sur les besoins alimentaires des volailles en milieu tropical selon les catégories et les périodes d'élevage. Des résultats similaires (3619,28 et 3705,15Kcal/Kg de provende) sont obtenus par Manassé [30] de son étude contribution à l'étude des effets de l'augmentation des taux de graine de soja dans les aliments des poules pondeuses, souche commerciale SHAVER 777, sur la production d'œufs. L'aliment riche en énergie, bien qu'il soit bénéfique pour les oiseaux (améliore) les performances zootechniques), augmenterait le coût de la production.

Un aliment est une substance qui doit fournir à l'animal l'énergie et les éléments nécessaires à son maintien en vie et donc couvrir les besoins d'entretien. Pour les animaux d'élevage, l'aliment devra en plus apporter assez de nutriments pour répondre aux besoins de production (œufs ou viande) [28].

La teneur en calcium de la provende T3 est de 0,60 %. Celle des provendes T0, T1 et T2 sont de 0,15; 0,10 et 0,16 % respectivement. Ces valeurs sont inférieures à celles de certains auteurs; la norme (0,68 – 1,20 %) [31]. Selon Anselme [46] les poulettes en phase croissance ont besoin de 1 % de calcium dans l'aliment. Le calcium est le minéral le plus abondant au sein de l'organisme. Il est l'un des éléments essentiels dans la fabrication du squelette de l'animal en croissance. Bien qu'en pratique une déficience modérée en calcium n'affecte de façon sensible la croissance que chez le très jeune animal, chez l'animal plus âgé la déficience ne ralentit guère la croissance mais diminue la minéralisation des os, surtout ceux qui sont en phase de croissance intense au moment où survient la déficience [47]. Toutefois, la teneur en calcium de la provende T3 montre une approche satisfaisante par rapport aux autres provendes. Le calcium joue un rôle majeur dans la constitution du squelette. La carence de sodium dans un aliment pourrait entraîner la réduction de l'assimilation des protéines au niveau des cellules intestinales, le picage et la diminution de l'appétit et de la croissance [25]. Snowdon [49] a recommandé une incorporation de

0,5 % de sel dans la ration. Le phosphore est un sel minéral essentiel à presque toutes les réactions chimiques à l'intérieur des cellules. La teneur en phosphore de la provende T1 (1,45 %) et T3 (0,66 %) sont supérieures à celle obtenue par Leborgne *et al* [50] (0,40 %) de leurs études nutrition et alimentation des animaux d'élevage. Celle des provendes T2 (0,01 %) et T0 (0,05 %) sont sous forme de trace. La forte teneur en phosphore de la provende T3 se justifierait par l'ajout de tourteau de coton dans la formulation T3. Selon Pointillart [51], la quantité de phosphore phytique dans le tourteau de coton serait comprise entre 7,0-9,20 g/Kg. L'ajout de tourteau de coton dans notre provende T3 aurait une répercussion sur la proportion de phosphore présent à cet effet. Une grande proportion du phosphore est présente au niveau du squelette, mais il joue également un rôle essentiel dans les phénomènes énergétiques cellulaires puisque ceux-ci sont dépendants de réactions de phosphorylation-déphosphorylation. Le phosphore intervient aussi dans de nombreux systèmes enzymatiques. La carence en phosphore se traduit par une perte d'appétit, un ralentissement de la croissance, des troubles locomoteurs graves et de la mortalité.

Les protéines sont des composants structurels des tissus comme les plumes et les muscles. Les volailles utilisent les acides aminés qui sont les constituants élémentaires des protéines. Une protéine brute donne peu d'information sur la composition en acides aminés et / ou leur biodisponibilité. La spécificité d'une protéine repose sur sa composition en acides aminés. La teneur en lysine des provendes T3 (19,0994 %), T0 (15,2491 %), T1 (4,8161 %) et T2 (4,4696 %) sont supérieures à la norme ISA [52] en croissance (0,98 %) et au développement (0,74 %) des poulettes. La proportion de méthionine dans la T0 (0,0656 %), T1 (0,0277 %), T2 (0,0131 %) et T3 (0,0154 %) sont inférieures à la recommandation (0,5 %) en phase croissance [53]. La proportion de tryptophane de la provende T0 est de 0,2420 %. Celle des provendes T1, T3 et T2 est de 3,9459 %, 3,8788 % et de 1,4685 % respectivement. Ces teneurs sont supérieures à la recommandation ISA en phase croissance (0,21 %) et développement (0,16 %) [54]. Les acides aminés apportés par l'aliment ne correspondant pas forcément aux besoins de production, la poule les transforme pour reconstituer ceux dont elle a besoin. Mais certains acides aminés ne peuvent être fabriqués par la poule à partir des apports alimentaires, ce sont les « acides aminés limitant » ou « essentiels ». Ils doivent obligatoirement être apportés tels quels dans l'aliment pour une croissance normale des poulets ou pour la production d'œufs. Leur carence entraîne des retards de croissances et des chutes de ponte [55]. La concentration en protéine d'un aliment ne signifie rien, seul compte l'équilibre de la composition en acides aminés des protéines. Il faut également tenir compte de la digestibilité des acides aminés indispensables, certains traitements des matières premières comme par exemple le traitement des tourteaux par une chaleur trop forte vont réduire la digestibilité de la lysine [55]. Les provendes pour la plupart sont une bonne source d'acide aminé du fait de la diversité des matières premières qui la compose.

5.2 PARAMÈTRES ZOOTECHNIQUES DES POULETTES

La phase croissance a duré de la semaine 7 à la semaine 16. Au cours de cette phase, les poulettes expérimentales sont alimentées avec des provendes dites de croissance. Les caractéristiques de ses provendes sont décrites un peu plus haut. Les paramètres zootechniques des poulettes nourries avec les provendes ont été évalués. Ainsi, selon Silué *et al*. [16], la croissance ou la production d'un animal s'apprécie par son gain de poids et ses performances au cours de son cycle de vie. La ration journalière est la quantité moyenne de provende consommée par chaque lot de poulettes. Elle a été calculée. Ainsi, l'ingestion des provendes des poulettes a été affectée statistiquement par la formulation durant la phase croissance ($p > 0,05$). Les poulettes soumises aux provendes T0 ($2969,87 \pm 478,54$ g) et T2 ($2936,70 \pm 379,79$ g) ont une meilleure consommation des provendes comparativement aux provendes T1 et T3 de $2723,90 \pm 424,19$ et de $2514,20 \pm 388,50$ g respectivement. La provende T3 a été la moindre consommée. Le faible niveau d'ingestion des provendes T1 et T3 pourraient s'expliquer en partie par un défaut de production des provendes. Dans ces provendes le taux d'incorporation du tourteau de cajou dépassant les 95 %, a développé un comportement de triage du fait de l'appétence du tourteau de cajou. Selon Ganchrow *et al* [56] des goûts marqués peuvent néanmoins modifier le comportement alimentaire. Aussi, le refus des deux lots était en partie bondés de maïs ce qui justifierait les tris adoptés par les poulettes. La coloration et le goût du tourteau de cajou ont eu à modifier le comportement alimentaire de nos poulettes.

L'efficacité alimentaire se traduit essentiellement par l'évaluation de l'indice de consommation (IC). L'indice de consommation enregistré du lot T3 est de $3,23 \pm 0,60$. Ceux des lots T0, T2 et T1 sont de $3,30 \pm 0,68$; $3,35 \pm 0,92$ et de $3,43 \pm 0,48$ respectivement. Sur le plan statistique, les indices de consommation des différentes provendes ne présentent aucune différence significativement ($P \geq 0,05$) entre eux. Ces indices constituent de bons indicateurs d'une alimentation équilibrée au niveau de tous les nutriments nécessaires à la santé et au bon développement des volailles.

La croissance pondérale des poulettes a été évaluée. Le poids moyen des poulettes nourries avec les provendes T0 (témoin) et T2 (50% tourteaux de cajou) ont été significativement ($p \geq 5\%$) plus élevés que ceux des poulettes alimentées avec les provendes T1 et T3. Cependant entre les lots T0 et T2, aucune différence significative ($p \geq 5\%$) n'est observée de même entre les lots T1 et T3. Les poids moyens corporels de nos poulettes ayant subi différent traitement ont augmenté chaque semaine au-cours de la phase croissance (S7 à S16). Allant de 493,27 à 1325,17 g (T0), de 495,01 à 1293,94 g (T2), de 477,16 à 1091,44

g (T1) et de 469,16 à 1090,15 g (T3). Ces résultats sont inférieurs à la recommandation ISA Brown (1370 à 1470 g). Toutefois, les résultats des lots T0 et T2 sont supérieurs à ceux obtenus par Toussou *et al* [57] avec les souches Harco (1243g), ISA Brown (1177g) et Lohman (1142g). Quant aux lots T1 et T3 les résultats sont comparables à celui obtenu par Enouheran [58]. Cet auteur a obtenu à S15 (1033 à 1171,50g) pour des niveaux d'incorporation de la poudre des feuilles de moringa *oléifera* dans les rations de poules pondeuses ISA Brown. Les faibles résultats enregistrés avec les lots T1 et T3 pourraient s'expliquer par le faible niveau de consommation des poulettes de ses respectifs lots. Selon Beaumont *et al* [59] l'alimentation de la poulette influence sa courbe de croissance et donc son poids vif et sa composition corporelle au moment de l'entrée en ponte. Les poulettes n'ayant pas consommées le maximum de provende ont eu une courbe d'évolution plus faible par rapport aux poulettes ayant consommées le plus de provende chaque jour. Ainsi, l'alimentation de la poulette a une influence sur la croissance pondérale de celle-ci.

Le gain moyen quotidien (GMQ) sert tout d'abord à évaluer la croissance d'un animal à différents moments de sa vie. Les GMQ ont varié d'un traitement à l'autre. Les GMQ des poulettes soumises aux provendes T0 ($12,90 \pm 6,03$ g / j) et T2 ($12,30 \pm 4,51$ g / j) sont supérieurs aux valeurs 10,0 g / j (ESPOIR) et 9,0 g / j (SR21 et CPAVI) trouvées par Hien *et al* [60] de leurs études effets d'une ration à base de la variété de maïs « Espoir » sur la productivité des poulettes. Quant au lot T3 ($9,37 \pm 2,62$ g / j) et T1 ($8,51 \pm 8,13$ g/j), ils sont voisins des résultats SR21 et CPAVI (9,0 g / j) [60]. Le GMQ sert à comparer les performances des races entre elles. Il est un indicateur de croissance des animaux. La croissance des poulettes nourries avec les provendes T0 et T2 expriment une bonne réaction des formulations mises à leur disposition comparativement aux lots nourris avec les provendes T1 et T3.

Aucun cas de mortalité n'a été enregistré quelle que soit le traitement. Ce résultat corrobore ceux de Silué *et al* [16]. Ces auteurs n'ont enregistré de mortalité pendant leur expérimentation, lorsqu'ils soumettent aux poules pondeuses de souche ISA Brown différents régimes expérimentaux (R10, R15 et R20) composé respectivement 10; 15 et 20 % tourteaux de cajou. Le tourteau d'amandes de noix de cajou ne contiendrait pas de facteurs antinutritionnels létaux pour la volaille. Selon certains travaux, les tourteaux contiennent une quantité intéressante de substances nutritionnelles excellentes telles que les acides aminés pour la viabilité des poules aussi bien en cage qu'au sol [16]. Le tourteau de cajou contient des facteurs chimiques (bromatologiques, vitaminiques, minéraux, acides aminés etc.) pour la viabilité des poulettes.

6 CONCLUSION

L'objectif de la présente étude était d'évaluer les effets du tourteau de cajou (*Anacardium occidentale* L) sur les performances zootechniques des poulettes en phase croissance. Les résultats ont montré que les provendes à base de tourteau de cajou ont amélioré les paramètres zootechniques mais pas de façon significative. Dans tous les lots, une augmentation de la croissance pondérale a été observée allant de 469,2g à 1325 g. Le GMQ a varié de $8,51 \pm 8,13$ g / j (T1) à $12,90 \pm 6,03$ g / j (T0) tandis que l'ingéré alimentaire (IA) a varié de $2514,20 \pm 388,50$ g (T3) à $2969,87 \pm 478,54$ g (T0). Aussi, l'indice de consommation (IC) a varié de $3,23 \pm 0,60$ (T3) à $3,43 \pm 0,48$ (T1).

En sommes, nous recommandons l'incorporation du tourteau de cajou dans les provendes destinées aux poulettes en phase croissance comme une source alternative de protéines en Côte d'Ivoire.

REFERENCES

- [1] FAO, Passerelle sur l'aviculture et les produits avicoles. FAO.org/poultry-production. Consulté le 18/07/2020, 2020.
- [2] V. Autissier, Jardins de villes, Jardins des champs: maraîchage en Afrique de l'Ouest du diagnostic à l'intervention, Edition GRET 295 p, 1994.
- [3] P. Moustier, O.David, Le maraîchage périurbain dans quelques situations africaines, 2001.
- [4] J. Bruinsma, World Agricultural: Towards 2015/2030, An FAO Perspective, Rome, FAO, Earthscan, 2003.
- [5] FIRCA, Acte 8 la filière avicole; N°8 du 2ème trimestre 2011.
http://www.firca.ci/images/sw_journaux/09052013143535.pdf, 2011. Consulté le 10 mai 2014.
- [6] IPRAVI, Statistiques de production, importation et commercialisation de produits avicoles de 2000 à 2013.
<http://www.ipravi.ci/presentation/20/Statistiques>, 2014.
- [7] H. Ducroquet, P. K. TillieLouhichi, et S. Gomez-Y-Paloma, L'agriculture de la Côte d'Ivoire à la loupe état des lieux des filières de production végétales et animales et revue des politiques agricoles, 2017.
- [8] CNRA., Programme production d'élevage
<http://www.cnra.ci/descprog.php?id=14&prog=Productions%20d%27%E9levage> et act=present, 2014.
- [9] T. Baksh, African Farming and Food Processing (Egg Production) 112 – 113, 1998.

- [10] M. Larbier et B. Leclercq, Nutrition et alimentation des volailles. INRA, Paris, 355 p, 1989.
- [11] Y. Thiemoko Effet de l'incorporation de la farine basse de riz dans l'alimentation des poulets de chair. Bull. Anil11. Hlth. Prod. Afr., 40, 161 – 165, 1992.
- [12] Diallo, Elevage intensif: perspectives après dévaluation; le déficit de l'alimentation avicole. Afrique agriculture, 221, 20 – 40, 1994.
- [13] F. Doumbia, L'approvisionnement en intrants de la filière avicole moderne au Sénégal. Thèse: Méd. Vét: Dakar; 27p, 2002.
- [14] M. Dahouda, S.S. Toleba, M. Senou, A.K. Youssao, A. Hambuckers et J. Hornick, Les ressources alimentaires non-conventionnelles utilisables pour la production aviaire en Afrique: valeurs nutritionnelles et contraintes. Ann. Méd. Vét., 153: 5-21, 2009.
- [15] M. Picard, B. Sauveur, F. Fenardji, I. Angulo, Et P.Mongin, Ajustements technico-économiques possibles de l'alimentation des volailles dans les pays chauds. INRA productions animales, 6 (2): 87103, 1993.
- [16] F.E Silue, H. Ouattara, A. Meite, K.D.V. N'goran, C. Veronique, C.S Kati. Performances Zootechniques, Économiques et Qualité Physique des Œufs Des Poules Soumises À des Régimes Alimentaires Apportant Différentes Concentrations De Tourteau D'amandes de Noix de Cajou (Côte d'Ivoire). European Scientific Journal January 2020 edition Vol.16, No.3 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431. 17 p, 2020.
- [17] B. E. Sonaiya et E.L.H.F. Gueye, Bulletin RIDAF. (3), 1998.
- [18] A.O.A.C, Official Methods of Analysis. 15th Edition, Association of Official Analytical Chemist, Washington DC, Etats Unis, pp 200-210, 1990.
- [19] AOAC, Official Methods of Analysis Chemists. Washington D.C. 808-1113, 1999.
- [20] I.M. Aubry, Détermination de la teneur en cellulose brute dans les aliments pour animaux version date d'application. In Agence fédérale pour la Sécurité de la Chaîne alimentaire (Vol. 7, pp. 1–8), 2012.
- [21] INRA, L'alimentation des animaux monogastriques: porc, lapin, volailles. INRA, 2^{ème} éd. Paris, 282p, 1989.
- [22] V.J Houba, I. Walinga, J.J. Van der Lee, W. Van Vark, Plant analysis procedure (part 7, chapter 2. 3). Wageningen, The Netherlands. Department of Soil Sciences and plant Analysis, 1980.
- [23] B.A. Bindlingmeyer, S.A. Cohen, T.L. Tarvin, Rapid analysis of amino acids using precolumn derivitization. In J. Chromatogr.336, 1984.
- [24] R. Larid, Valorisation des sous-produits de tomates en vue de leur incorporation dans l'aliment de volaille (Cas des poules pondeuses). Master. Université M'hamed Bougara Boumerdes, Boumerdes, 174 p, 2012.
- [25] C. Peyronnet, J.P. Lacampagne, P.L. Cadre et F. Pressenda, Les sources de protéines dans l'alimentation du bétail en France : la place des oléoprotéagineux. OCL 21, D402, 2014.
- [26] INRA., Caractéristiques granulométriques de l'aliment: le « point de vue » (et de toucher) des volailles. 14p, 2000.
- [27] A. Périnet Pesticides, risques et sécurité, Comité Sécurité Alimentaire d'Aprifel, toxicologie, Aprifel, Paris.p2016, 2004.
- [28] M. Fabrice, Cahier technique, alimentation des volailles en agriculture biologique. Chapitre 04. Généralités sur la conduite de l'alimentation. 68p, 2015.
- [29] J. Toure, Contrôle de la qualité granulométrique et nutritionnelle des aliments pour animaux à la Société Meunière et Avicole du Gabon (SMAG). 12p. Appl. Biosci, 2020.
- [30] F.V.H. Manassé, Contribution à l'étude des effets de l'augmentation des taux de graine de soja dans les aliments des poules pondeuses, souche commerciale SHAVER 777, sur la production d'œufs. Mémoire de fin d'étude, Université d'Antanarivo Ecole Supérieure de Sciences Agronomiques Département: ELEVAGE. 140p, 1999.
- [31] O.C.C, Norme 052/ 4-1 Relatif au contrôle des aliments dérivés des farines, 1998.
- [32] G. Leyral et E. Vrielling, Microbiologie et toxicologie des aliments: Hygiène et sécurité alimentaires. 2 éd. DOIN, pp.81-162, 1997.
- [33] Y. Chaloub, Guide pratique d'alimentation des monogastriques porcs-lapins-poules. Centre de Recherche Agronomique de Foulaya (Guinea), Centre technique de Coopération Agricole et rural, Wageningen, Pays-Bas, 18p, 1984.
- [34] M.A. Bedrane, Alimentation et besoins alimentaires des poules pondeuses, agronomie Info, 9 p. www.google.com/amp/s/agronomie.info/fr/alimentation-besoins-alimentaires-de-poule-pondeuse/amp/, 2016.
- [35] R. Ponka, A. Goudoum, A. Chami Tchougouelieu et E. Fokou, Evaluation nutritionnelle de quelques ingrédients entrant dans la formulation alimentaire des poules pondeuses et porcs d'une ferme d'élevage au Nord-Ouest Cameroun Int. J. Biol. Chem. Sci. 10 (5): 2073-2080, 2016.
- [36] Novogen. Guide d'Élevage poules commerciales. Tél. + 33 (0) 2 96 58 12 60 - Fax + 33 (0) 2 96 58 12 61 contact@novogen-layers.com /www.novogen-layers.com, 2015.
- [37] J. P. Melcion, La granulométrie de l'aliment: Principe, mesure et obtention. *Inra Prod. Anim*, 13 (2): 81- 97, 2000.
- [38] C. Dragoul, G. Raymond, J. Marie-Maeleine, J. Roland, L. Marie-Jacqueline, M. Brigitte, M. Louis et T. Andre, Nutrition et alimentation des animaux d'élevage Tome 2. Page 34-35. Educagri Edition, Dijon. ISBN 978-2-84444-347-2, 2004.
- [39] ITAB, Cahier Technique - Produire du poulet de chair en AB. Disponible sur le site de l'ITAB <http://www.itab.asso.fr/downloads/fiches-elevage/cahier-poulets-web.pdf>, 2009.

- [40] ITAB, Cahier technique - Produire des œufs biologiques. Disponible sur le site de l'ITAB <http://www.itab.asso.fr/downloads/cahiers-élevage/cahier-pondeuses-web.pdf>, 2010.
- [41] K.P. Malumba, Une approche programmatique dans la formulation des aliments complets pour volaille. Mémoire présenté et défendu en vue de l'obtention du grade d'Ingénieur Agronome. Agronomie générale; Orientation: Chimie et Industries Agricoles. 72p, 2000.
- [42] W. Vervack, Guide de laboratoire de biochimie de la nutrition: analyse des aliments. LOUVAIN LANEUVE. pp.10-40, 1982.
- [43] D. Thierry, Contribution A L'étude De La Qualité -Nutritionnelle Des Aliments Et Matières Premières Utilises En Aviculture Dans La Zone Péri-Urbaine De Dakar. Mémoire De Diplôme D'études Approfondies. Université Cheikh Anta Diop – Dakar. 30 p, 2005.
- [44] Y. Franck, La formulation des aliments volailles. ITAVI. 12p, 1978.
- [45] R. Parent, A. Dulgen, P. Steyaert, D. Legrand, Guide pratique d'aviculture moderne en climat sahielo-soudanien de l'Afrique de l'Ouest, 1989.
- [46] B. Anselme, L'aliment composé pour la volaille au Sénégal: situation actuelle, contribution à son amélioration par une meilleure valorisation des ressources nutritionnelles locales. Thèse. Méd. Vét.: Toulouse; 87p, 1987.
- [47] M. Larbier et B., Leclercq, Nutrition et alimentation des volailles. INRA, Paris, 349 p1992.
- [48] S.N. Nga Ombede, Effet de la nature des céréales et de la taille particulière sur les performances zootechniques des poulets de chair, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Thèse pour le grade de Docteur Vétérinaire, 117p, 2009.
- [49] M. Snowdon, Alimentation du bétail avec le soja entier, Bulletin sur la nutrition, Brunswick, Canada, p95.1. <https://www2.gnb.ca/content/gnb/fr/ministeres/10/agriculture/content/betail/bovins/soja.html>, 1995.
- [50] M-C. Leborgne, C. Bréchet, L. Delteil, E. Fournier, Nutrition et alimentation des animaux d'élevage: l'alimentation des monogastriques; l'alimentation des polygastriques. Tome2, Educagri, 356p, 2013.
- [51] A. Pointillart, Phytates, phytases: leur importance dans l'alimentation des monogastriques. *Point Vél.*, 25 (7): 877-884, 1994.
- [52] normes ISA., ISA BROWN guide nutritionnel des pondeuses commerciales, 23p. www.isapoultry.com, 2011.
- [53] INRA, Alimentation des volailles: le poulet de chair -5ème ed.- Versailles: Edition INRA.-25p, 1992.
- [54] H. N. International GmbH, brown nick pondeuses à œufs roux. Nouveau guide d'élevage. 77p. E-mail: info@hn-int.com | Internet: www.hn-int.com, 2020.
- [55] F.J. Dayon. et B. Arbelot, Guide d'élevage des volailles au Sénégal. 113p, 1997.
- [56] J.R. Ganchrow, J.E. Steiner, A. Bartana, Behavioral reactions to gustatory stimuli in young chicks (*Gallus gallus domesticus*). *Dev. Psych.*, 23, 103-117, 1990.
- [57] E. Tossou, Développement de nouveaux composites hybrides renforcés par des fibres de carbone et de lin: mise en oeuvre et caractérisation mécanique. Mécanique des matériaux [physics.class-ph]. Normandie Université. Français. Thèse pour obtenir le diplôme de doctorat. Spécialité mécanique des solides, génie mécanique, productique, transport et génie civil. 232p, 2019.
- [58] M. H. M. Enouheran, Effets de la poudre de feuille de *MORINGA Oleifera* incorporée à l'aliment du GVS sur les performances de croissance chez les poulettes ISA Brown. Rapport de fin de cycle pour l'obtention du diplôme de Licence professionnelle 66p, 2017.
- [59] C. Beaumont, F. Calenge, H. Chapuis, J. Fablet, F. Minvielle, M. Tixier-Boichard, Génétique de la qualité de l'œuf. In: Numéro Spécial, Qualité de l'œuf. Nys Y. (Ed). Inra Prod. Anim., 23, 123-132, 2010.
- [60] O.C. Hien, B. Diarra et Y. Coulibaly, Effets d'une ration à base de la variété de maïs « Espoir » sur la productivité des poulettes. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 11 (2): 806-816, 2017.

Publication 2: Abdoulaye Ouattara., Masse Diomande., Adama Ouattara. and Ibrahim Konate. (2023). “Influence of feeding pullets (ISA Brown) with cashew meal-based (*Anacardium occidentale*) feeds on zootechnical performance in the pre-laying period in Côte d'Ivoire,” *International Research Journal of Advanced Engineering and Science*, Volume 8, Issue 2, pp. 1-5, 2023.

Influence of Feeding Pullets (ISA Brown) with Cashew Meal-Based (*Anacardium occidentale*) Feeds on Zootechnical Performance in the Pre-Laying Period in Côte d'Ivoire

Abdoulaye Ouattara¹, Masse Diomande^{1*}, Adama Ouattara², Ibrahim Konate¹

¹Agro valorisation Laboratory, Department of Biochemistry and Microbiology, Agroforestry Unit, Jean Lorougnon Guede University, Côte d'Ivoire

²National Center for Agricultural Research (CNRA), Côte d'Ivoire;

*Corresponding author: masse635@gmail.com

Abstract— Protein feed in poultry farming is expensive. This study was carried out in order to develop new sources of vegetable protein (cashew cake) for pullets in the pre-laying period. For this purpose, 180 sixteen (16) week old ISA Brown pullets were selected from the 216 used during the growth phase. These batches were fed T0 (control, 0% cashew meal), T1 (100% cashew meal as main plant protein source), T2 (50% cashew meal) and T3 (95% cashew meal). These were reared for three (3) weeks and subjected to the same prophylaxis (health and medical). The results showed that the average feed consumption, feed conversion ratio (FCR), average body weight and average daily gain were significantly ($p < 0.05$) influenced by the formulation. Cashew meal-based feeds improved the zootechnical parameters but not significantly. In all batches, an increase in mean pullet weight was observed ranging from 1354.20 to 1517.84 g (T0), 1197.84 to 1280.49 g (T1), 1307.13 to 1481.84 g (T2) and 1166.56 to 1330.87 g (T3). The GMQ was 10.18 ± 2.95 g/d (T0), 12.48 ± 1.41 g/d (T1), 9.99 ± 2.84 g/d and 13.10 ± 1.62 g/d. The average feed consumption was 78.97 ± 2.11 g / day / subject (T0), 65.40 ± 7.32 g, 74.81 ± 5.17 g / subject (T2) and 57.23 ± 3.75 g / day / subject (T3). The consumption index (CI) was 2.47 ± 0.18 (T0), 2.51 ± 0.34 (T1), 2.42 ± 0.09 (T2) and 2.12 ± 0.37 (T3). In sum, cashew cake (*Anacardium occidentale*) could be used as the main source of protein in pullet feed in Côte d'Ivoire.

Keywords— Pre-lay, cashew cake, zootechnical performance, protein, pullet.

I. INTRODUCTION

Ivorian cashew nut production has undergone a remarkable evolution in recent years, making Côte d'Ivoire the world's leading producer. It has risen from 235,000 tonnes in 2006 to over 738,000 tonnes of raw cashew nuts in 2018. National production has more than doubled in a decade. The local processing rate has increased from 1% (4,157 tonnes) in 2008 to 9% (66,800 tonnes) in 2018 [8].

The co-products of processing should allow the production of cashew meal in order to reduce industrial waste dumping (a source of environmental pollution). Cashew meal has been valorised in layer feed as it contains nutrients (dry matter 90.8%, protein 29.5%, fat 21.4%, ash 4.1%, crude fibre 6.3%) [14], (moisture 6.9%, crude protein 21.5%, fibre 1.1%, lipid 46.1%, ash 3.4%, carbohydrate 27.9%, calcium 0.2%,

phosphorus 0.7%) [20] that meet the requirements of laying hens.

The use of cashew meal as the main source of vegetable protein in animal feed, especially for laying hens, requires knowledge of their needs and the limit of incorporation to allow the expression of their genetic potential. One alternative is to substitute cashew meal for soybean meal. Another is to use increasing levels (50% and 95%) of cashew meal in the feed. Are these levels of incorporation sufficient for pullets in the pre-laying phase (17th to 19th week) to express their genetic potential?

The general objective of this study is to enhance the value of cashew meal in the feed of pre-lay pullets. Specifically, it aims to:

- Formulate and characterise cashew meal-based feeds;
- Evaluate the zootechnical performance of pullets.

II. MATERIALS AND METHODS

Animal material

For this study, 180 16-week-old ISA Brown pullets were used. These pullets were pre-fed with feed containing 0% cashew meal (T0), 100% cashew meal as the main plant protein source (T1), 50% cashew meal (T2) and 95% cashew meal (T3). The average weight of the pullets was 1325.17 ± 283.03 g (T0). The average weights of T1, T2 and T3 were 1181.44 ± 234.94 g, 1293.94 ± 262.90 g and 1090.15 ± 210.75 g respectively.



Figure 1: 16 Weeks pullets

Methods

Centesimal composition of feed distributed

In the pre-laying phase, the feeds distributed were composed of protein (cashew and/or soybean and/or cottonseed meal) (Figure 2), energy (yellow maize and wheat bran), vitamin and mineral (oyster shell, TNH premix, salt (NaCl)) and mycotoxin (Toxo and fysal) feedstuffs (Table 1).

The feeds contained a share of calcium and phosphorus, which are generally the most important in poultry farming (Table 1). Another share of lysine, methionine, and tryptophan, limiting amino acids in poultry (Table 1).

TABLE 1. Centesimal composition of feeds in the pre-laying phase

Ingredients (%)	Provenades			
	T0	T1	T2	T3
Cashew meal	-	22	11	20.9
Soybeal meal	22	-	11	-
Cottonseed cake	-	-	-	1.1
Yellow corn	64	64	64	64
Wheat bran	8	8	8	8
Oyester shell	4	4	4	4
Premix TNH	1.25	1.25	1.25	1.25
Salt (NaCl)	0.35	0.35	0.35	0.35
Toxo	0.15	0.15	0.15	0.15
Fysal	0.25	0.25	0.25	0.25
Totals	100	100	100	100
Analytical composition				
Calcium (%)	0.06	0.12	0.1	1.12
Phosphor (%)	0.12	0.69	0.14	1.45
Lysin (%)	2.27	5.67	3.2	0.98
Methionine (%)	0.02	0.01	0.01	0.05
Tryptophane (%)	0.52	0.82	0.17	1.95

T0: control 0% cashew meal, T1: 100% cashew meal, T2: 50% cashew meal, T3: 95% cashew meal,

Cashew meal production

The cashew meal used in this study was produced on the farm. First, co-products (almond powder and broken kernels) and downgraded kernels (too small, immature, perforated by insects, etc.) were collected from companies involved in the processing of cashew kernels into semi-finished or finished products. The co-products and cashew kernels were sorted and then ground. The powder was heated using a couscous cooker (a device for steaming certain foods). The oil contained in the matrix was extracted using a screwless press machine commonly used in the manufacture of attiéké in Côte D'Ivoire. The cashew cake blocks were crushed by hand and then spread on a clean surface (black tarpaulin) in the sun for 14 hours. The cake produced is then ready to be used. Figure 2 shows images of the cashew, soybean and cotton cakes used in the production of the experimental feeds.



Figure 2: Image of plant protein sources

Chemical analysis of the feeds

The determination of moisture and dry matter was carried out according to method [1]. This method consists of evaporating the water contained in the cashew cake samples by drying them in a ventilated oven at 105 °C to constant mass. The determination of fat content was done by Soxhlet extraction according to method [2] using hexane as solvent. The protein content of the samples was determined by Kjeldahl according to method [2], which consists of mineralising the protein nitrogen into ammonia and then determining it by acidimetry. The crude cellulose content was determined by the method described by [3]. The residue was filtered in a sintered glass crucible, rinsed thoroughly, dried, weighed, calcined at 500°C and then reweighed. The difference in weight is the crude cellulose present in the test sample. The ash content was determined according to method [2], which consists of incinerating 5 g of the sample in an oven at 550°C for 4 hours. The metabolisable energy was calculated by Sibbald's formula [13], EM (kcal/kg) = 3951 + 54.4 MG - 88.7 CB - 40.8 CE. The mineral content of the meal was determined after mineralisation of the sample according to the method described by [11]. The profile and amount of total amino acids was determined by reverse phase HPLC, using the Pico-Tag system described by [6]. The separation, identification, and determination of lipo- and water-soluble vitamins were carried out by reverse phase HPLC on a C18 grafted microsilica support. Water-soluble vitamins are separated directly.

Wearing of glasses

From the 17th week, the glasses were placed. They helped to reduce the pullets' vision and thus limit pecking (cannibalism).

Health prophylaxis

The rearing site was weeded and then disinfected. The wood cutter was changed and disinfected with a disinfectant (viroset), as were the wall, the tarpaulins, and the net. The rearing equipment (10 litre troughs) is cleaned every morning and evening. The feeders were emptied and cleaned before serving the day's ration. Rodent and reptile control actions are carried out. The aim is to reduce contamination outbreaks.

Medical prophylaxis

During the pre-laying period, the birds were subjected to the medical prophylaxis in force in Côte d'Ivoire in Abidjan and specifically in Port-Bouët. Various treatments were carried out to ensure the good health of the birds or to make up for deficiencies in certain elements (minerals, vitamins, amino acids, etc.) that are essential for the proper conduct of the animals. These treatments are either preventive or curative. The date, treatment and dosage are recorded in Table 2.

TABLE 2. Medical prophylaxis

Days	Treatment	Dosage
113	Amine spécial	1 g / 5 L d'eau
114	Corymine 7 K	0.5 mL / sujet
115	Amine spécial	1 g / 5 L d'eau
131	Panteryl	1 g / 2 L d'eau
133	Panteryl	1 g / 2 L d'eau

Feeding plan

Pullets from the 17th week were fed new feed (pre-lay) until the end of the 19th week. They were served once a day and at 3 p.m. Leftover feed for each batch was removed and weighed.

Zootechnical parameters measured

The pullets were weighed at the beginning of the experiment and every weekend. Leftover feed was weighed. At the end of the experiment, zootechnical parameters for each batch such as mortality rate, average feed intake, feed conversion ratio and weight variation were evaluated (Larid, 2012). The average daily gain (ADG) was also calculated.

Statistical analysis

The results obtained in this study were analysed using SAS software. Batch mean values from the study criteria were subjected to an analysis of variance (ANOVA), followed by a comparison of means using the Newman-Keuls test at the 5% significance level. Numerical calculations and graph construction were performed using Excel.

III. RESULTS

Physicochemical composition of the experimental feeds

Table 3 shows the results of the analysis of the physicochemical composition of the feeds (T0, T1, T2 and T3) distributed during the pre-laying phase to feed the experimental pullets. The analysis showed that the moisture content of the T0 feed was $11.57 \pm 0.56\%$, which is higher than the moisture content of the T2, T1 and T3 feeds of $10.61 \pm 0.36\%$, $10.32 \pm 0.32\%$ and $9.66 \pm 0.54\%$. In contrast to this order, the dry matter of T3 feed was the best compared to T1, T2 and T0 feed at $89.68 \pm 0.32\%$, $89.39 \pm 0.36\%$ and $88.43 \pm 0.56\%$ respectively. The protein content of the T0 and T2 feeds of 20.83 ± 0.17 and 20.42 ± 0.30 respectively, which are statistically identical, are higher than those of the T1 ($18.43 \pm 0.42\%$) and T3 ($17.57 \pm 0.59\%$) feeds. Feed T2 ($10.65 \pm 0.34\%$) and T1 ($10.27 \pm 0.35\%$) had statistically identical ash levels compared to feed T3 ($7.76 \pm 0.65\%$) and T0 ($7.01 \pm 0.20\%$), but were still the highest.

TABLE 3. Physicochemical composition of the experimental feeds

Paramètres	Providers				F	Pr >F
	T0	T1	T2	T3		
Moisture (g / 100g to providers)	11.57 ± 0.56^a	10.32 ± 0.32^b	10.61 ± 0.36^b	9.66 ± 0.54^b	8.9	0.0063
Dry matter (g/100g to DM)	88.43 ± 0.56^b	89.68 ± 0.32^a	89.39 ± 0.36^a	90.33 ± 0.54^a	8.9	0.0063
Protein (g/100g to DM)	20.83 ± 0.17^a	18.43 ± 0.42^b	20.42 ± 0.30^a	17.57 ± 0.59^c	45.17	<0.001
Feeds (g/100g to DM)	7.01 ± 0.20^b	10.27 ± 0.35^a	10.65 ± 0.34^a	7.76 ± 0.65^b	55.02	<0.001
Fat (g/100g to DM)	7.28 ± 0.36^c	9.77 ± 0.23^b	12.57 ± 0.44^a	7.48 ± 0.39^c	136.99	<0.001
Fiber brutes (g/100g to DM)	5.95 ± 0.20^a	4.49 ± 0.21^b	6.09 ± 0.20^a	4.85 ± 0.14^b	51.28	<0.001
ME (Kcal/100g de MS)	3533.53 ± 6.04^c	3664.83 ± 7.37^a	3659.90 ± 7.88^a	3610.46 ± 5.08^b	27.32	0.0001

a, b: values with different letters in the same column are significantly different, ME: metabolisable energy, T0: control 0% cashew meal, T1: 100% cashew meal, T2: 50% cashew meal, T3: 95% cashew meal, DM: dry matter

The high fat content was observed with feed T2 of $12.57 \pm 0.44\%$ compared to feed T1 ($9.77 \pm 0.23\%$), T3 ($7.48 \pm 0.39\%$) and T0 ($7.28 \pm 0.36\%$). High cellulose levels are recorded with

feedstocks T2 ($6.09 \pm 0.20\%$) and T0 ($5.95 \pm 0.20\%$). However, low levels are observed in feedstuffs T1 ($4.49 \pm 0.21\%$) and T3 ($4.85 \pm 0.14\%$). As for the metabolisable energy produced by the feeds, the high rates are recorded with feed T1 (3664.83 ± 7.37 Kcal / Kg DM) and T2 (3659.90 ± 7.88 Kcal / Kg DM). These values are higher than those of feedstuffs T3 (3610.46 ± 5.08 Kcal / Kg DM) and T0 (3533.53 ± 6.04 Kcal / Kg DM).

Evolution of average weights

The distribution of average weights at the end of the pre-laying phase (19th week) is shown in Figure 3. The average weight of pullets fed with feed T0 was 1517.84 g, those of the batches fed with feed T1, T2 and T3 were 1280.49 g, 1481.84 g and 1330.87 g. Statistical analysis revealed no significant difference between batches T0 and T2, nor between the mean pullet weights of batches T1 and T3 at the 5% level. The low average weight is recorded in batch T1.

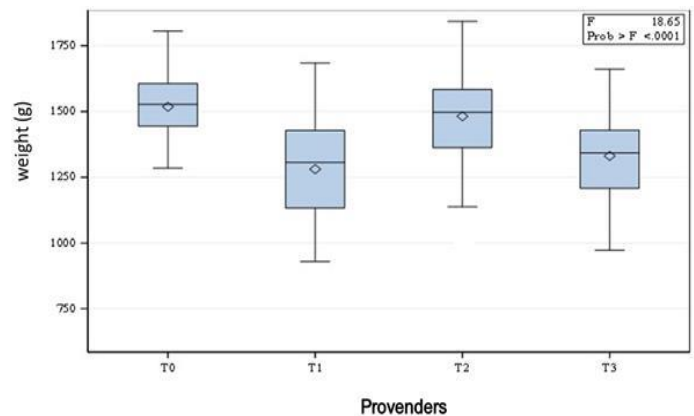


Figure 3: Plot of distribution means weight of pullet at 19th week
T0: control 0% cashew meal, T1: 100% cashew meal, T2: 50% cashew meal, T3: 95% cashew meal

Average feed consumption

At S19, the average feed consumption per day per animal was 78.97 ± 2.11 g / day / animal (T0). Those of T1, T2 and T3 are 65.40 ± 7.32 g, 74.81 ± 5.17 g and 57.23 ± 3.75 g / day / subject respectively. Statistically, the average feed consumption of pullets in batches T0 and T2 and that of pullets in batches T1 and T3 showed no significant difference ($p < 0.05$) between them. Thus pullet consumption was influenced by the formulation (Table 4).

Feed conversion ratio

The feed conversion ratios obtained in this study were 2.47 ± 0.18 (T0), 2.51 ± 0.34 (T1), 2.42 ± 0.09 (T2) and 2.12 ± 0.37 (T3) (Table 4). Statistically, the feed conversion ratios of the different batches differed significantly ($P \geq 0.05$) from each other. The pullets in the batch with the best feed conversion ratio were the most affected.

Average daily gain (ADG)

During the pre-laying phase, the average daily gains (ADG) recorded were 10.18 ± 2.95 g/d (T0), 12.48 ± 1.41 g/d (T1), 9.99 ± 2.84 g/d (T2) and 13.10 ± 1.62 g/d (T3). Statistical analysis revealed that the GMQ of pullets fed T0 and T2 were

significantly ($p < 0.05$) lower than those fed T2 and T3 (Table 4).

Mortality rate

During the growth phase, overall no abnormalities were observed in any of the pullets fed with feed. No mortality was recorded during the trials (Table 4).

TABLE 4. Zootechnical parameters

Zootechnical parameters	Treatments			
	T0	T1	T2	T3
AFC (g)	78.97 ± 2.11 ^a	65.40 ± 7.32 ^b	74.81 ± 5.17 ^a	57.23 ± 3.75 ^b
FC	2.47 ± 0.18 ^b	2.51 ± 0.34 ^b	2.42 ± 0.09 ^b	2.12 ± 0.37 ^a
ADG (g / j)	10.18 ± 2.95 ^b	12.48 ± 1.41 ^a	9.99 ± 2.84 ^b	13.10 ± 1.62 ^a
MR (%)	0	0	0	0

a, b: values with different letters in the same column are significantly different, AFC: average feed consumption, T0: control 0% cashew meal, T1: 100% cashew meal, T2: 50% cashew meal, T3: 95% cashew meal, ADG: average daily gain, FC: feed conversion ratio, g/d: gram per day, MR: mortality rate

IV. DISCUSSION

The pre-lay feed was fed between 17 and 19 weeks. This period coincides with the period from 17 weeks to first eggs [4]. According to [4], this feed is fed to secure the development of the medullary bone, which acts as a reserve of calcium to be released during shell formation. Therefore, the calcium sources used in the formulation should be increased in terms of volume of incorporation to facilitate the securing of the medullary bone development of the future laying hen and to allow for the solidity of the eggshell.

At week 19, the average feed consumption per day per bird was 78.97 ± 2.11 g / day / bird (T0). The average feed consumption of T1, T2 and T3 was 65.40 ± 7.32 g, 74.81 ± 5.17 g and 57.23 ± 3.75 g / day / subject respectively. In view of these trends, they are far from the recommendation (85 - 91 g / day / subject) [12]. These low results could be explained by errors due to underfeeding or even unbalanced and deficient feeding causing competition between birds. Indeed, pullets on high cashew meal diets adopted sorting behaviour due to a defect in the formulation and manufacture of the experimental feeds. High levels of cashew meal in the feed would increase the risk of colour discrimination of this other raw material. The visual perception of feed particles by poultry is therefore primarily a close observation of details by an eye involved in several simultaneous tasks, more or less specialised depending on the side, and which perceives colours slightly different from those seen by humans. Does the observation that precedes the pecking movement [17] cease during the pecking movement because of the closing of the eyelid, as was admitted? This will result in the sorting of this other raw material, leaving the yellow corn in the feeders. Also, the palatability of the cashew meal compared to the other components would be another cause of the low level of consumption of the provends. Strong tastes can nevertheless modify feeding behaviour [9]. An imminent consequence of underconsumption of feed is pronounced heterogeneity, delayed egg laying and underproduction [10].

In pullets receiving T2 feed, the average weight (1481.84 g) at the end of the pre-lay phase (S19) was close to that of the

batch (1517.84 g) (T0). As for the pullets receiving feed containing high levels of cashew oilcake (≥ 95%) 1330.87 (T3) and 1280.49 (T1), they are far from the control lot (T0). These values are higher than that obtained by [7] 1239.0 g with cottonseed meal (CT) feed during their studies on the use of cottonseed meal in poultry feed the zootechnical study in breeding birds of the species *Gallus domesticus*. However, the average weights of the batches (T1, T2 and T3) deviate from the reference values (1518 - 1612 g) [16] and T0 is close to this deviation. These low values could be partly explained by the fact that feed was under-consumed in all batches. According to [5], the pullet's diet influences its growth curve and thus its live weight and body composition at the time of laying. This can affect the subsequent characteristics of egg production.

The recorded average daily gains (ADGs) of batches T0 (10.18 ± 2.95 g/d/subject) and T2 (9.99 ± 2.84 g/d/subject) were statistically ($P > 0.05$) identical and lower than the ADGs 12.48 ± 1.41 g/d/subject (T1) and 13.10 ± 1.62 g/d/subject (T3). The high GMQ values of T1 and T3 could be explained by the nutrient efficiency of T1 and T3 feeds. These feeds are low in crude fibre 4.49 ± 0.21 % (T1) and 4.85 ± 0.14 (T3). The level of crude fibre in a ration will tend to lower the amount of metabolisable energy and will affect the digestibility of the feed as well as its speed of transit through the digestive tract [19].

During the pre-laying period, the overall mortality rate was zero. No abnormalities were observed in any of the pullets fed the feed. Cashew meal contains nutrients that increase pullet viability. Similar results were recorded by [18] in their experiments on the zootechnical performance, economic performance and physical quality of eggs of hens fed diets with different concentrations (R10: 10%, R15: 15% and R20: 20% cashew kernel meal) of cashew kernel meal (Ivory Coast). For these authors, cashew nut kernel meal does not contain anti-nutritional factors lethal to poultry, which is justified by this study. Despite the high incorporation rates (50, 95 and 100% cashew kernel meal as the main protein source), the mortality rate remained zero. The incorporation of cashew meal in existing formulations will help to fill the gap in certain nutrients that can increase the viability and even the production of laying hens.

V. CONCLUSION

The objective of this study was to valorise cashew meal in pullet feed during the pre-laying period. The results showed that average feed consumption, feed conversion ratio (FCR), average body weight and average daily gain were significantly ($p < 0.05$) influenced by the formulation. Cashew meal-based feeds improved the zootechnical parameters compared to the control.

In sum, cashew meal (*Anacardium occidentale*) could be used as the main source of protein in pullet feed in Côte d'Ivoire.

REFERENCES

[1]. [1] A.O.A.C. Official Methods of Analysis. 15th Edition, Association of Official Analytical Chemist, Washington DC, USA, 1990, 200-210.
 [2]. [2] AOAC. Official Methods of Analysis Chemists. 1999, Washington D.C. 808-1113, 1999.

- [3]. Aubry I.M. Determination of crude cellulose content in animal feeds application date version. 2012, In Federal Agency for the Safety of the Food Chain (Vol. 7, pp. 1-8).
- [4]. Babcock Brown. Guide to rearing brown egg laying hens, Animal Breeding Institute 2010.
- [5]. Beaumont C., Calenge F., Chapuis H., Fablet J., Minvielle F., and Tixier-Boichard M. Genetics of egg quality. 2010, In: Special Issue, Egg Quality. Nys Y. (Ed). Inra Prod. Anim, 23, 123-132.
- [6]. Bindlingmeyer B.A, Cohen SA, Tarvin T.L. Rapid analysis of amino acids using recolumn derivitization. 1984, In J. Chromatogr. 336.
- [7]. Dongmo T., Pouilles-Duplaix M., Ngou Ngoupayou J.D., Blesbois E., DE Reviers M. Use of cottonseed cake in poultry feed. 1. Study. Use of cottonseed cake in poultry feed. The zootechnical study in breeding birds of the Gallus domesticus species. 1993; Revue élev. Méd. Vét. Pays trop, 46 (4): 609 - 619.
- [8]. FIRCA. La Filière du Progrès. 2018, 56 p.
- [9]. Ganchrow J.R., Steiner J.E and Bartana A. Behavioral reactions to gustatory stimuli in young chicks (Gallus gallus domesticus). 1990, Dev. Psych. 23, 103-117.
- [10]. Hatem H.K. Breeding laying pullets: Steps and good practices. 2018.
- [11]. Houba V.J., Walinga I., Van der Lee J.J and Van Vark W. Plant analysis procedure (part 7, chapter 2. 3). Wageningen, The Netherlands. Department of Soil Sciences and plant Analysis, 1980.
- [12]. Hy-Line Brown. Management guide. 2018, 32p. www.hyline.com
- [13]. INRA. L'alimentation des animaux monogastriques: porc, lapin, volailles. 1989, INRA, 2nd ed. Paris, 282p.
- [14]. Kouakou N'G.D.V., Angbo-Kouakou C.E.M., Koné G.A., Kouame K.B., Yéboué F. de P., Kouba M. Enhancement of rubber kernel and cashew nut cakes in the diet of postweaning and growing pigs. 2018, Rev. Elev. Med. Vet. Countries Trop. 71 (1-2): 81-85, doi: 10.19182/remvt.31256
- [15]. Larid R. Valorisation of tomato by-products for incorporation into poultry feed (Case of laying hens). 2012, Master. Université M'hamed Bougara Boumerdes, Boumerdes, 174 p.
- [16]. Lohmann Breeders GmbH. Lohmann brown-classic layers Am Seedeich 2021, 9-11 | 27472 Cuxhaven | Germany Email info@lohmann-breeders.com | www.lohmann-breeders.com
- [17]. Picard M., Melcion J.P., Bouchot C and Faure J.M. Picorage and prehensivity of food particles in poultry. 1997b, INRA Prod. Anim, 10, 403-414.
- [18]. Silue F.E., Ouattara H., Meite A., N'goran K.D.V., Veronique C and Kati C.S. Zootechnical and economic performance and physical quality of eggs from hens fed diets with different concentrations of cashew nut meal (Ivory Coast). 2020, European Scientific Journal January 2020 edition Vol.16, No.3 ISSN : 1857 - 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431. 17 P.
- [19]. Thierry D. Contribution A L'étude De La Qualité -Nutritionnelle Des Aliments Et Matières Premières Utilises En Aviculture Dans La Zone Péri-Urbaine De Dakar. 2005, Mémoire De Diplôme D'études Approfondies. Université Cheikh Anta Diop - Dakar. 30 P
- [20]. Wardowski W.F., Ahrens M.J., Cashew Apple and Nut, in: Nagy S., Shaw P.E., 1990 (Eds), Fruits of tropical and subtropical origin, Florida Sci. Source, Lake Alfred, USA, 15P.

Publication 3 : Ouattara Abdoulaye., Diomande Masse. and Fofana Daouda. (2023). Influence of the incorporation of cashew meal (*Anacardium occidentale*) in feed on the laying performance of hens (ISA Brown) in Côte d'Ivoire. International Journal of Life Science Research Archive, 2023, 04(01), 232–243. Article DOI: <https://doi.org/10.53771/ijlsra.2023.4.1.0043>.

(RESEARCH ARTICLE)



Influence of the incorporation of cashew meal (*Anacardium occidentale*) in feed on the laying performance of hens (ISA Brown) in Côte d'Ivoire

Ouattara Abdoulaye, Diomande Masse * and Fofana Daouda

Department of Biochemistry and Microbiology, Agro valorisation Laboratory, Agroforestry Unit, Jean Lorougnon Guede University, Côte d'Ivoire.

International Journal of Life Science Research Archive, 2023, 04(01), 232–243

Publication history: Received on 06 February 2023; revised on 12 March 2023; accepted on 15 March 2023

Article DOI: <https://doi.org/10.53771/ijlsra.2023.4.1.0043>

Abstract

In Côte d'Ivoire, the increase in the price of protein raw materials makes poultry production too costly. This study was carried out to develop new sources of vegetable protein (cashew cake) for feeding laying hens during the laying period. For this, 180 19-week-old ISA Brown hens were used. They were housed in 4 boxes, 45 each. These constituted batches were fed T0 (control), T1 (100% cashew meal as main vegetable protein source), T2 (50% cashew meal) and T3 (95 % cashew meal). Bromatological analysis of the feeds revealed an excellent nutrient content. Feed intake, average number of eggs laid, average cumulative egg weight, feed conversion ratio, and egg laying rate were significantly ($p < 5\%$) influenced by the formulation. Cashew meal-based feeds improved egg-laying parameters but not significantly. The food supply for chickens was 93.16 ± 11.35 g / d /chicken (T0), 68.38 ± 13.67 g / d / chicken (T1), 85.67 ± 11.23 g / d / chicken (T2) et 65.88 ± 10.38 g / d / chicken. The number of eggs laid was 29.13 ± 8.77 eggs / d (T0), 11.89 ± 7.03 eggs / d (T1), 24.80 ± 7.85 eggs / d (T2) and 13.51 ± 7.57 eggs / d (T3). The average cumulative egg weight was 1645.86 ± 538.63 g / d (T0), 688.36 ± 445.41 g / d (T1), 1356.83 ± 449.62 g / d (T2) and 776.63 ± 467.51 g / d (T3). The consumption index was 3.84 ± 5.53 (T0), 7.26 ± 11.31 (T1), 4.16 ± 6.19 (T2) and 5.13 ± 8.48 (T3). Laying rate was $64.73 \pm 19.51\%$ (T0), $26.42 \pm 15.64 \%$ (T1), $55.12 \pm 12.46\%$ (T2) and $30.03 \pm 16.82\%$ (T3). The incorporation of cashew meal in the feed of laying hens as the main source of protein should allow for a variety of protein raw materials to correct any difficulties encountered by some table egg producers in Côte d'Ivoire.

Keywords: Cashew meal; Egg-laying rate; Feed; Protein; Côte d'Ivoire

1 Introduction

The Ivorian agricultural sector represents 35% of the gross domestic product (GDP) and provides employment for 40% of the population. However, livestock farming is very underdeveloped and represents only 4.5% of agricultural GDP and 2% of overall GDP [1]. To meet the growing needs of the population for animal protein, the Ivory Coast government initiated various animal resource development programmed in the 1960s. For the poultry sector, the first programmed focused on the creation of poultry breeding centers in some of the country's towns (Bingerville, Bouaké, Daloa, etc.) [16]. The Ivorian poultry industry covers 96% of the poultry needs of the Ivorian population [3]. The major constraint is related to the quality and cost of feed [4]. Feed is the main component of poultry farming; it represents 70 to 80% of the production costs of broilers or table eggs and plays a major role in the performance and quality of Bakhs products [5], Larbier & Leclercq. [6], Thiemoko [7] and Diallo [8].

* Corresponding author: Diomande Masse

The satisfaction of food inputs is all the more crucial as the cost of ordinary materials is rising on the international market, in particular maize (the main source of energy and the most important in terms of volume in food), but also other protein raw materials (soya, groundnut, fish meal) which, because of competition between humans and animals, and their diversion to biofuels, pose availability problems [9]. Also in most sub-Saharan countries, conventional sources of protein such as soybean and groundnut meal and fishmeal are indeed scarce and therefore expensive [10].

The protein balance of the feed is expensive, even though it is one of the main determinants of the technical and economic result in poultry production. Cashew meal (dry matter 90.8%, protein 29.5%, fat 21.4%, ash 4.1%, crude cellulose 6.3%) (Kouakou et al. [11], (moisture 6.9%, crude protein 21.5%, fiber 1.1%, lipid 46.1%, ash 3.4%, carbohydrate 27.9%, calcium 0.2%, phosphorus 0.7%) [12], a palliative to produce at lower cost.

The incorporation of cashew meal as the main source of vegetable protein in animal feed, especially in laying hens, requires knowledge of their needs and the limit of incorporation to allow the expression of their genetic potential. One option is to replace soybean meal with cashew meal in the formulation of feed for laying hens and another is to use increasing levels (50% and 95%) of cashew meal in feed. Are these levels of incorporation sufficient for ISA Brown laying hens to express their genetic potential?

The overall objective of this study is to investigate the nutrition of hens with cashew meal-based feeds. It will aim to :

- Determine the physico-chemical parameters of cashew cake-based feeds;
- Evaluate the egg-laying performance of hens fed cashew meal-based feeds.

2 Material and methods

2.1 Presentation of the study area

The tests were carried out in the city of Abidjan, the economic capital of Côte d'Ivoire, located in the south of the country. The city of Abidjan is located between latitudes 4°10 and 5°30 North and longitudes 3°50 and 4°10 West [13]. The study area is subject to a humid equatorial climate with coastal facies [14]. It is characterised by a transitional climate (Attean climate) which is subdivided into four essential seasons in the annual cycle [15].

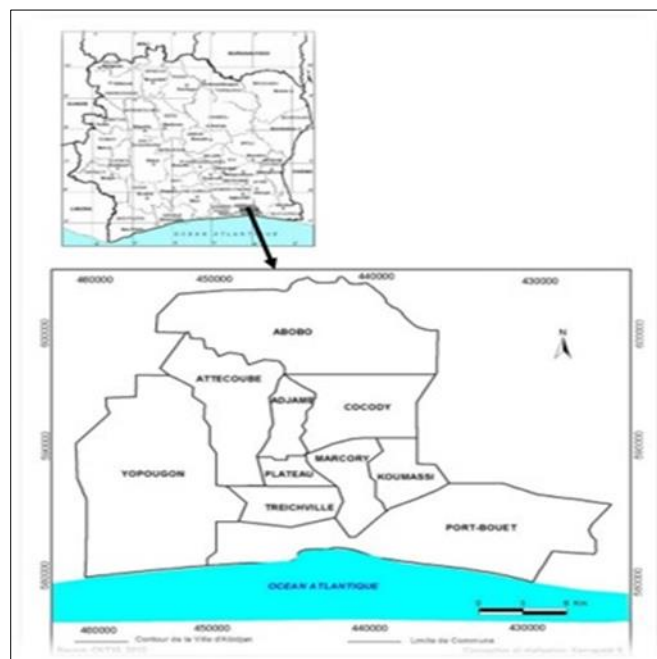


Figure 1 Localization of the study area, city of Abidjan

2.2 Biological material

A total of 180 19-week-old ISA Brown pullets were used. These pullets were previously fed with feed containing 0% cashew meal (T0), 100% cashew meal as the main plant protein source (T1), 50% cashew meal (T2) and 95% cashew

meal (T3) (S7 to S19). The average weight of pullets was 1517.84 g (T0), 1280.49 g (T1), 1481.84 g (T2), 1330.87 g (T3) (Figure 2).



Figure 2 Biological material at S19

2.2.1 Formulation of egg feeds

The raw materials used for the formulation and production of feed are listed in Table 1.

Table 1 Central composition of the feed produced

		Provender		
R W (kg/100Kg feed)	T0	T1	T2	T3
Soybean meal	23	0	11.5	0
Cashew cake	0	23	11.5	21.85
Cottonseed cake	0	0	0	1.15
Fish meal	0.75	0.75	0.75	0.75
Yellow corn	65	65	65	65
Palm oil	1.3	1.3	1.3	1.3
Oyster shell	8	8	8	8
Prémix TNH	1.25	1.25	1.25	1.25
Salt (NaCl)	0.3	0.3	0.3	0.3
Toxo	0.15	0.15	0.15	0.15
Fysal	0.25	0.25	0.25	0.25
Total	100	100	100	100

RW (Raw material), T0 (0 % Cashew cake), T1 (100 % Cashew cake), T2 (50 % Cashew cake), T3 (95 % Cashew cake)

2.3 Methods

2.3.1 Cashew meal production

The cashew meal used in this study was produced on the farm. First, co-products (almond powder and broken kernels) and downgraded kernels (too small, immature, perforated by insects...) were collected from companies involved in the processing of cashew kernels into semi-finished or finished products. The co-products and cashew kernels were sorted and then ground. The powder was heated using a couscous cooker (a device for steaming certain foods). The oil contained in the matrix was extracted using a screwless press machine commonly used in the manufacture of attiéké in Côte D'Ivoire. The cashew cake blocks were crushed by hand and then spread on a clean surface (black tarpaulin) in the sun for 14 hours. The cake produced is then ready to be used.



Figure 3 Cashew meal used for feed production

2.3.2 Feed production

On a clean surface (black tarpaulin), the raw materials were weighed and carefully mixed. The raw materials used in large quantities were weighed and spread out on the tarpaulin. Smaller quantities of raw materials were put together, and a premix was made before they were put together.

2.3.3 Chemical analysis of the feeds

The determination of moisture and dry matter was carried out according to method [16]. This method consists of evaporating the water contained in the cashew cake samples by drying them in a ventilated oven at 105 °C to constant mass. The determination of fat content was done by Soxhlet extraction according to AOAC. 960.39 [17] using hexane as solvent. The protein content of the samples was determined by Kjeldahl according to AOAC method 979.09 [17], which consists of mineralising the protein nitrogen into ammonia and then determining it by acidimetry. The crude cellulose content was determined by the method described by [18]. The residue was filtered through a sintered glass crucible, rinsed thoroughly, dried, weighed, calcined at 500 °C and then reweighed. The difference in weight is the crude cellulose present in the test sample. The ash content was determined according to the AOAC 923.03 method [17], which consists of incinerating 5 g of the sample in an oven at 550°C for 4 hours. The metabolisable energy was calculated by the formula of Sibbald [19]: $ME \text{ (kcal/kg)} = 3951 + 54.4 \text{ MG} - 88.7 \text{ BC} - 40.8 \text{ CE}$. The mineral content of the meal was determined after mineralisation of the sample according to the method described by Houba et al [20]. The profile and amount of total amino acids was determined by reverse phase HPLC, using the Pico-Tag system described by Bindlingmeyer et al [21]. Separation, identification and determination of lipo- and water-soluble vitamins were performed by reverse phase HPLC on C18-grafted microsilica. Water-soluble vitamins are directly separated as described by Pellerin et al [22].

2.3.4 Conduct of the laying hens

For this study, 180 19-week-old ISA Brown pullets were used. These pullets were previously fed feed containing 0% cashew meal (T0), 100% cashew meal as the main plant protein source (T1), 50% cashew meal (T2) and 95% cashew meal (T3). The average weight of the pullets was 1517.84 g (T0). The average weight of the T1, T2 and T3 batches was 1280.49 g, 1481.84 g and 1330.87 g respectively.

2.3.5 Prophylaxis

Sanitary prophylaxis

The breeding site was weeded and then disinfected. The wood chopping block was changed and disinfected with a disinfectant (viroset), as well as the wall, the tarpaulins and the net. The rearing equipment (10 litre troughs) is cleaned every morning and evening. The feeders were emptied and cleaned before serving the day's ration. Rodent, reptile, tick, and lice control is carried out. The aim is to reduce the number of outbreaks.

Medical prophylaxis

During the laying period, the medical prophylaxis applied to maintain the laying hens in good health is given in the table. Each treatment is repeated every 2 months (Table 2).

Table 2 Medical prophylaxis during egg laying

Week	Number days	Treatment + Prevention	Dosage
Week 20 - 21	1	Levavet 20 %	1 g / 2 L
	1	Lasota + H120	1000 doses
	5	Tyldox	1 g / 2 L
	5	Vigosine	1 g / 2 L
Week 22	3	Amprol	1 g / L
	5	Amine total	1 g / 5 L
Week 24 - 25	1	Vermetin	1 g / L
	3	Enroxin plus	1 g / 4 L
	1	Clone30	1 g / 5 L
	5	Hépatorein	1 mL / L
Week 26	5	Nacox plus	1 g / 2 L

2.3.6 Feeding plan for the hens

The hens, from the 20th week onwards, were fed with egg-laying feed until the end of the experiments (53rd week). They were served once a day at 3 pm. Leftover feed for each batch was removed and weighed.

2.3.7 Measurement of laying parameters

The hens were weighed at the beginning of the experiment and every weekend. Also, leftover feed, eggs laid in each batch were collected and weighed. At the end of the experiment, the zootechnical parameters for each batch such as mortality rate, average feed consumption, feed conversion ratio, weight variation and laying rate were evaluated [23]. The study of egg quality focused on physical characteristics (average egg weight, shell weight, yolk weight, white weight, colouring and overall egg composition) [24]. The week of laying was observed in all batches.

2.4 Statistical analysis of the data

The results obtained in this study were analysed using SAS software. The mean values per batch from the study criteria were subjected to an analysis of variance (ANOVA), followed by a comparison of means using the Newman-Keuls test at the 5% significance level. Numerical calculations and graph construction were performed using Excel.

3 Results

3.1 Physicochemical composition of the hen feed rations

The moisture content of feed T0 was $11.79 \pm 0.31\%$. The moisture content of feeds T2, T1 and T3 was $11.38 \pm 0.14\%$, $10.93 \pm 0.07\%$ and $10.59 \pm 0.30\%$ respectively. Statistical analysis revealed no significant difference ($P \geq 0.05$) between T1, T2 and T3. Between provends T0 and T1, T2 and T3, static analysis revealed a significant difference at the 5% level. The best moisture contents were recorded with the cashew meal-based feeds (T1, T2 and T3) (Table 3).

The dry matter of the T0 feed was $88.68 \pm 0.32\%$. Feed dry matter was $89.81 \pm 0.19\%$ (T1), $89.53 \pm 0.46\%$ (T2) and 89.97 ± 0.03 (T3). Statistical analysis revealed no significant difference between T1, T2 and T3 at the 5% level. Between T0 and T1, T2 and T3, static analysis revealed a significant difference at the 5% level. The best dry matter content was recorded with cashew meal-based feeds (T1, T2 and T3) (Table 3).

The protein content of the feeds recorded was $19.57 \pm 0.14\%$ (T0), $19.66 \pm 0.08\%$ (T1), $20.09 \pm 0.12\%$ (T2) and $19.00 \pm 0.86\%$ (T3). Statistical analyses revealed no significant differences ($p < 0.05$) between the protein levels of the different feeds (T0, T1, T2 and T3) (Table 3).

Feed T1 ($8.03 \pm 0.11\%$) had the highest ash content. The lowest levels were observed in feed T3 ($3.45 \pm 0.05\%$) (Table 3).

The fat content of T1 ($9.08 \pm 0.07\%$) and T2 ($9.23 \pm 0.20\%$) feed was statistically ($p < 0.05$) higher than that of T0 ($7.97 \pm 0.08\%$) and T3 ($7.98 \pm 0.02\%$) feed (Table 3).

Feed T2 ($5.89 \pm 0.28\%$) and T3 ($5.21 \pm 0.21\%$) had the highest crude fibre levels compared to feed T0 ($4.89 \pm 0.10\%$) and T1 ($4.98 \pm 0.08\%$). Statistical analysis revealed a significant difference between the crude fibre of T2 feed and that of T0, T1 and T3 feed at the 5% significance level.

The resulting metabolizable energy of the feeds (egg-laying) was 3641.72 ± 19.58 Kcal / Kg DM (T0), 3675.15 ± 15.83 Kcal / Kg DM (T1), 3721.77 ± 10.28 Kcal / Kg DM (T2) and 3782.22 ± 17.67 Kcal / Kg DM (T3). Statistical analysis revealed a significant difference at the 5% level according to the Student-Newman-Keuls test (Table 3). The T3 feed is more energetic.

3.2 Food intake

The feed intake per day per hen of the T0 feed group was 93.16 ± 11.35 g / day / hen. The feed intake per day per hen of the T2, T1 and T3 feed lots was 85.67 ± 11.23 g / day / hen; 68.38 ± 13.19 g / day / hen and 65.88 ± 10.03 g / day / hen respectively. Statistical analysis revealed a significant difference ($p \leq 0.05$) between feed consumption of hens fed T0 feed and those fed T2, T1 and T3 feed according to the Student-Newman-Keuls test (Table IV).

3.3 Laying week

The laying week of the hens was week 20 (T0 and T2), week 22 (T1) and week 23 (T3) (Table IV).

3.4 Average number of eggs laid per day

The average number of eggs laid was estimated at 29.13 ± 8.77 (T0). The average number of eggs laid per day was estimated to be 29.13 ± 8.77 (T0). The average number of eggs laid per batch in T2, T3 and T1 was 24.80 ± 7.85 , 13.51 ± 7.57 and 11.89 ± 7.03 respectively. Statistically, the number of eggs laid per batch showed a significant difference ($p \leq 0.05$) between the hens fed with feed T0 and those fed with feed T2, T3 and T1 according to the Student-Newman-Keuls Test (Table IV). Hens in batch T1 had the lowest average number of eggs laid.

3.5 Average cumulative egg weight

The average cumulative egg weight each week of the hens fed T0 feed was recorded as 1645.86 ± 538.63 g. For the batches fed with T2, T3 and T1 feed, the cumulative average weekly egg weights collected were 1356.83 ± 449.62 g, 776.63 ± 467.51 g and 688.36 ± 445.41 g respectively. Statistical analysis revealed a significant difference ($p \leq 0.05$) between the average cumulative weight of eggs laid each week by hens fed feed T0 and those fed feed T2, T3 and T1 according to the Student-Newman-Keuls Test (Table IV). The average egg weight of hens fed T3 remained low.

3.6 Feed conversion ratio

The feed conversion ratio of the hens in the T0 feed lot was calculated to be 3.84 ± 5.53 . The feed conversion rates for the T1, T3 and T2 feed lots were 7.26 ± 11.31 , 5.13 ± 8.48 and 4.16 ± 6.19 respectively. Statistical analysis revealed a significant difference ($p \leq 0.05$) between the feed conversion ratio of hens fed T0 and those fed T1, T3 and T2 according to the Student-Newman-Keuls test (Table 4).

3.7 Laying rate

The average laying rate of the hens fed T0 feed was recorded as $64.73 \pm 19.51\%$. The batches fed with T2, T3 and T1 feed recorded $55.12 \pm 17.46\%$, $30.03 \pm 16.82\%$ and $26.42 \pm 15.64\%$ respectively. Statistical analysis revealed a significant difference ($p \leq 0.05$) between the average laying rate of hens fed T0 feed and those fed T2, T3 and T1 feed according to the Student-Newman-Keuls test (Table IV).

3.8 Downgraded egg rates

As for the downgraded egg rate, the highest rate was recorded with the T1 feed (6.18%). With the other feeds with low cashew meal content, the downgraded egg rate calculated with T0 (4.58%), T2 (4.42%) and T3 (3.94%) are more or less equal.

3.9 Mortality rate

The mortality rate of the hens in the feedlot T0 was 8.88%. The mortality rate of the hens in batches T3, T1 and T2 was 4.44, 6.66 and 11.11% respectively. Table 4.

Table 3 Physicochemical composition of chicken feed

Parameters	Providers				F	Pr >F
	T0	T1	T2	T3		
Moisture (%)	11.32 ± 0.32 ^a	10.19 ± 0.19 ^b	10.46 ± 0.46 ^b	10.30 ± 0.03 ^b	11.14	0.0031
Dry matter (%)	88.68 ± 0.32 ^b	89.81 ± 0.19 ^a	89.53 ± 0.46 ^a	89.97 ± 0.03 ^a	11.14	0.0031
Protein(%)	19.57 ± 0.14 ^a	19.66 ± 0.08 ^a	20.09 ± 0.12 ^a	19.00 ± 0.86 ^a	3.04	0.0924
Ash (%)	7.56 ± 0.14 ^b	8.03 ± 0.11 ^a	5.12 ± 0.09 ^c	3.45 ± 0.05 ^d	1265.41	<0.0001
Fat (%)	7.97 ± 0.08 ^b	9.08 ± 0.07 ^a	9.23 ± 0.20 ^a	7.98 ± 0.02 ^b	108.60	<0.0001
Raw fibre (%)	4.89 ± 0.10 ^b	4.98 ± 0.08 ^b	5.89 ± 0.28 ^a	5.21 ± 0.21 ^b	17.29	0.0007
EM (Kcal/kg D M)	3641.72 ± 19.58 ^d	3675.15 ± 15.83 ^c	3721.77 ± 10.28 ^b	3782.22 ± 17.67 ^a	42.33	<0.0001

(a, b, c values with different letters on the same line are significantly different), T0 (0 % Cashew cake), T1 (100 % Cashew cake), T2 (50 % Cashew cake), T3 (95 % Cashew cake), EM (metabolizable energy), DM (Dry matter)

Table 4 Laying performance

Laying performance	Providers			
	T0	T1	T2	T3
FI (g / D / chicken)	93.16 ± 11.35 ^a	68.38 ± 13.19 ^c	85.67 ± 11.23 ^b	65.88 ± 10.03 ^d
Laying week (W)	20	22	20	23
A numbr of eggs laid / D	29.13 ± 8.77 ^a	11.89 ± 7.03 ^d	24.80 ± 7.85 ^b	13.51 ± 7.57 ^c
A Cu egg weight (g)	1645.86 ± 538.63 ^a	688.36 ± 445.41 ^d	1356.83 ± 449.62 ^b	776.63 ± 467.51 ^c
Feed conservation ratio	3.84 ± 5.53 ^c	7.26 ± 11.31 ^a	4.16 ± 6.19 ^b	5.13 ± 8.48 ^b
Laying rate (%)	64.73 ± 19.51 ^a	26.42 ± 15.64 ^d	55.12 ± 17.46 ^b	30.03 ± 16.82 ^c
% doun egg rates	4.58	6.18	4.42	3.94
Mortality rate (%)	8.88	6.66	11.11	4.44

(a, b, c values with different letters on the same line are significantly different), T0 (0 % Cashew cake), T1 (100 % Cashew cake), T2 (50 % Cashew cake), T3 (95 % Cashew cake), FI (food intake), D (days), W (week), A numbr (average number), A Cu egg (average cumulative), doun (downgraded)

4 Discussion

4.1 Physicochemical composition of the feeds

The results of physicochemical analyses showed variability in the bromatological parameters (moisture, dry matter, ash, fat, crude fibre and metabolizable energy) of the different feeds.

The determination of feed moisture is important as it limits the shelf life of the feed. In T0, T1, T2 and T3 feeds, the feed moisture is lower than the O.C.C. standard [25]. According to this standard, the moisture content should not exceed 14% and the dry matter 86%. This state of dryness is favourable for the preservation of feed, since in dehydrated or heavily dried products, the water activity reaches sufficiently low values to prohibit the development of a high proportion of micro-organisms [26].

The ash represents all the minerals contained in the feed. T0 and T1 feeds give high values compared to T2 and T3 feeds. At the same time, the results of the experiments are lower than the 12.42% Raharinirina [27], of the feed distributed during his experiment on protein feeding and performance of the ISA BROWN strain of laying hens, aged 21 to 50 weeks. However, these low ash values reflect low levels of mineral elements (macro and micro mineral elements). Mineral supplementation during this physiological phase to allow the hens to express their genetic potential would be welcome.

As far as fats or oils are concerned, the dosage is very important as too rich a feed would increase the energy, giving the advantage of being very energetic but having the disadvantage of being subject to the risk of rancidity in case of prolonged storage. Overall, the fat content of the feed is higher than that obtained by some authors 1.96% Nesseim [28] in the egg-laying feed of farm E3, 6.09 (TS1), 6.04% (TS2), 7.25% (TS3) and 6.93% (TS4) Manasse [29] and 3 - 6% at laying [30]. These high levels are thought to be due to the cashew kernel oil extraction technique. As the extraction technique is artisanal, the tightness is subject to the appreciation of the producer, hence the high fat content of the feed. However, the T1 and T2 feedstuffs had very high fat contents. This may on the one hand limit the conservation due to the rancidity of the oil. On the other hand, it will increase the abdominal fat which may reduce the feed intake of the hens. This will result in reduced performance during the laying phase.

The estimation of the metabolizable energy from the results of the analyses gives values all higher than the 2700 Kcal / Kg of ISA feed [31] recommended in laying. However, these results are comparable to those of 3619.28 and 3705.15 Kcal / Kg DM [29]. The high levels of metabolizable energy in feed are thought to be due to a manufacturing defect. Indeed, dietary energy is mainly derived from carbohydrates, but also from fats and proteins: and Alders [32]. However, high levels are recorded with T2 and T3 feeds.

4.2 Laying performance of the hens

Laying lasted from week 20 to week 53. During this phase, the hens were fed a laying feed. The laying start is the week in which the first egg is collected in each batch. It varied from batch to batch and from formulation to formulation. Thus, batches T0 and T2 were the first to enter laying (20th week). Batches T1 and T3 entered oviposition in week 22 and 23 respectively. This variation in the weeks of entry into egg laying is believed to be a consequence of the lack of control of several key points during the previous physiological phases (growth and pre-laying) of rearing. The growth and pre-laying feeds distributed were too rich in metabolizable energy, which led to a decrease in feed intake in the batches. As a direct consequence, growth performance (feed intake, body weight, average daily gain, feed conversion ratio, etc.) decreased.

Feed consumption was influenced by formulation. Feed T0 and T2 were consumed more than feed T1 and T3. These consumption levels for the most part are lower than 88.5 (C α), 89.0 g / d / hen (L α), 89.8 g / d / hen (LTP α) and 89.8 g / d / hen (LF α) g / d / hen Omri Nat [33] from his study impact of fenugreek on laying performance, physico-chemical and dietary quality, stability of polyunsaturated fatty acids enriched lipids and yolk coloration of the hen egg. Feed consumption varies according to many factors related to the animal (age, weight, sex, production, etc.), the feed (energy level, physical characteristics) and finally the climate conditions [34]. These low consumption levels can be partly explained by the manufacturing technique (energy level) of the feed. The results corroborate those of some authors Balnave and Bracke. [35] and Vigne et al [36], who argue that the main dietary factor affecting food intake is the concentration of energy in the food. An increase in dietary energy leads to a decrease in consumption Chancy [37] and Tougan et al [38]. Indeed, the incorporation of cashew meal at levels above 50% improves energy. As the hens' requirements are low, the use of other raw materials with low energy values should allow the correction of the hens' intake. In batches T1 and T3, the low intake could be attributed to the physical characteristics of the feed. The colouring and palatability of the cashew meal developed sorting in the hens of these batches.

The egg count is important because it allows us to assess the visual quality of the eggs in addition to calculating the egg laying rate. Thus, the average number of eggs collected 29.13 ± 8.77 (T0) is higher than those 24.80 ± 7.8 (T2), 13.51 ± 7.57 (T3) and 11.89 ± 7.03 (T1). Overall, the average number of eggs laid by the hens in each batch per day is low. This could be explained by the fact that feed was under-consumed in the flocks. Egg size, egg quality and laying intensity are strongly influenced by the diet received by the laying hen [39]. Decreasing or even breaking the diet decreases the number of eggs obtained [40]. However, high levels of cashew meal incorporation (over 95%) would be depreciating due to a considerable decrease in the number of eggs laid.

The laying rate of the hens was calculated from the number of eggs collected each day and the number of hens started. The T0 batch shows $64.73 \pm 19.51\%$. This is higher than $55.12 \pm 17.46\%$, $30.03 \pm 16.82\%$ (T3) and $26.42 \pm 15.64\%$ (T1). These results are lower than those of some authors Silué *et al.* [41], with diets containing 0; 10; 15 and 20% cashew kernel meal, obtained 79.59, 72.49, 73.03 and 65.09% of laying rate during their experiments on the zootechnical

performance, economic and physical quality of eggs of hens subjected to diets providing different concentrations of cashew kernel meal (Ivory Coast). Tossou *et al.* [42] obtained 74.9% (battery cages) and 68.80% (floor on litter) of their studies on the influence of the housing system on some zootechnical and economic performances of laying hens in South Benin. Omri Nat [43], this author recorded 92.52 (C α), 84.52 (FC α), 88.09 (FA α) 91.53 (FPG α) during these experiments on the impact of fenugreek on laying performance, physico-chemical and dietary quality, stability of polyunsaturated fatty acids enriched lipids and yolk coloration of the hen egg. The low egg-laying rate could be explained by the fact that the hens are generally underfed. The productivity of hens is often conditioned by the feed. Indeed, several authors, Larbier and Le Turdu [44], state that the diet of both breeding and laying hens plays an important role in their zootechnical performance. Our results corroborate the thesis that the productivity of hens is often conditioned by the feed. However, the laying rate was influenced by the formulation. High levels of incorporation (above 50%) would be inadvisable in egg production to ensure acceptable productivity.

Regarding the average cumulative egg weight, it is important to calculate it as it is used in the calculation of the average egg weight and the consumption index. Thus, the cumulative average egg weight 1645.86 \pm 538.63 g (T0) is higher than 1356.83 \pm 449.62 g (T2), 776.63 \pm 467.51 g (T3) and 688.36 \pm 445.41 g (T1). This variation in the average cumulative weights could be explained by the variation in the number of eggs per batch and the under-consumption of feed. The egg depends mainly on factors related to the hen (genetic origin and especially age) but also on her diet during the laying period. The pullet's diet contributes indirectly by influencing its sexual maturity, live weight, and body composition at the start of production [45].

Feed efficiency is mainly assessed by the feed conversion ratio (FCR). In broilers, this is the amount of feed required to produce 1 kg of live weight; in layers, the amount of feed required to produce 1 kg of eggs (or 1 egg). These indices are good indicators of a balanced diet in terms of all the nutrients necessary for the health and development of the birds. In this experiment, the hens receiving T0 feed showed 3.84 \pm 5.53 better than 4.16 \pm 6.19 (T2) better than 5.13 \pm 8.48 (T3) and 7.26 \pm 11.31 (T3). The poor consumption indices are obtained with T1 and T3. As for provends T0 and T2, similar values to those of Silué *et al.* [24] with the experimental diets RT (3.23 \pm 0.37), R10 (3.53 \pm 0.33), R15 (3.62 \pm 0.24) and R20 (4.02 \pm 0.20) were observed. It is important to note that a low feed conversion ratio is desired in poultry farming [46].

In terms of downgraded egg rates, batch T1 had the highest rate. Downgraded eggs are not necessarily related to the feed, but abnormalities from various sources can downgrade the egg (white shell colouring of red-shelled eggs, too much blood stain, cracking, fouling due to waste, too small a size, too large a size...).

During the laying period, the calculated mortality rate of the hens in the batch fed with feed T0 was 8.88%. The mortality rates of the hens in batches T3, T1 and T2 were 4.44, 6.66 and 11.11% respectively. These results are mostly higher than the 6.60% achieved by Raharinirina [37] during his experiments and the 6.80% achieved by Leclercq and *al.* [47] with Leghorn-type layers during the period from 21 to 70 weeks. The low mortality rate was recorded with the T3 batch. The duration of the experiments is one of the factors affecting the mortality rate. Since the raw materials are used in animal feed, especially for laying hens in Côte d'Ivoire, they would not contain lethal substances. As for cashew meal, similar studies conducted by Silué *et al.* [24] showed that cashew kernel meal does not contain anti-nutritional factors lethal to poultry.

5 Conclusion

The objective of this study was to evaluate the egg-laying performance of hens fed cashew meal-based feeds.

The results showed that feed intake, average number of eggs laid, average egg weight, feed conversion ratio and laying rate were significantly ($p < 0.05$) influenced by the formulation. Cashew meal-based feeds improved the laying parameters but not significantly. The feed intake of the hens was 93.16 \pm 11.35 g/ d/hen (T0), 68.38 \pm 13.67 g/ d/hen (T1), 85.67 \pm 11.23 g/ d/hen (T2) and 65.88 \pm 10.38 g/ d/hen. The number of eggs laid was 29.13 \pm 8.77 eggs / d (T0), 11.89 \pm 7.03 eggs / d (T1), 24.80 \pm 7.85 eggs / d (T2) and 13.51 \pm 7.57 eggs / d (T3). The average cumulative egg weight was 1645.86 \pm 538.63 g/d (T0), 688.36 \pm 445.41 g/d (T1), 1356.83 \pm 449.62 g/d (T2) and 776.63 \pm 467.51 g/d (T3). The feed conversion ratio was 3.84 \pm 5.53 (T0), 7.26 \pm 11.31 (T1), 4.16 \pm 6.19 (T2) and 5.13 \pm 8.48 (T3). The egg-laying rate was 64.73 \pm 19.51% (T0), 26.42 \pm 15.64% (T1), 55.12 \pm 12.46% (T2) and 30.03 \pm 16.82% (T3).

The incorporation of cashew meal in the feed of laying hens as the main source of protein should allow for a variety of protein raw materials to correct any difficulties encountered by some table egg producers in Côte d'Ivoire.

Compliance with ethical standards

Acknowledgments

We acknowledged the entire staff of the Agrovalorisation Laboratory of Jean Lorougnon Guédé University for providing technical assistance during this research.

Disclosure of conflict of interest

All The author declare no conflict of interest

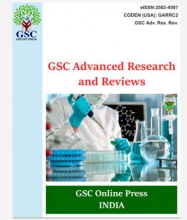
References

- [1] MINIGRA., National report on the state of animal genetic resources. Ministry of Agriculture. Abidjan, CI. 77p, 2002.
- [2] Houba VJ, Walinga I, Van der Lee JJ and Van Vark W. Plant analysis procedure (part 7, chapter 2. 3). Wageningen, The Netherlands. Department of Soil Sciences and plant Analysis, 1980.
- [3] FIRCA. Act 8 the poultry sector; N°8 of the 2nd quarter. http://www.firca.ci/images/sw_journaux/09052013143535.pdf, 2011.
- [4] Dahouda M, Toleba S.S, Senou M, Youssao A.K, Hambuckers A. and Hornick J. Non-conventional feed resources for poultry production in Africa: nutritional values and constraints. *Ann. Méd. Vét.*, 2009, 153 : 5-21.
- [5] Balnave D.J. and Bracke J. Nutrition and management of heat-stress pullets and laying hens. *World's Poultry Science Journal*, 2005, 61, 399-406p.
- [6] Larid R. Valorisation of tomato by-products for incorporation into poultry feed (case of laying hens). Master. Université M'hamed Bougara Boumerdes, Boumerdes, 174 p, 2012.
- [7] Tossou M.L, Chrysostome C.A.A.M, Houndonougbo M.F, A. Missohou A & Abiola FA., Influence of the housing system on some zootechnical and economic performances of laying hens in South Benin. *Agronomie Africaine*, 2014, 26 (2): 147 - 154.
- [8] Dongo K.. Study of the Evolution of the "Wastewater" Sanitation System of the City of Abidjan. DEA Earth Sciences, Hydrogeology Option, University of Cocody_Abidjan 81p, 2001.
- [9] Ducroquet, H., Tillie, P., Louhichi, K. and Gomez-Y-Paloma, S. Côte d'Ivoire's agriculture under the microscope - an overview of the plant and animal production sectors and a review of agricultural policies. 2017.
- [10] Diallo. Intensive livestock farming: prospects after devaluation; the poultry feed deficit. *Africa agriculture*, 1994, 221, 20 - 40.
- [11] Larbier M. Nutritional feed requirements of breeding laying hens. Option CHIAEM. Poultry farming in the Mediterranean. Ser. A/N° 7, 1990, Pp 47-53.
- [12] Tapsoba, A. S., Contribution to the geological and hydrogeological study of the Dabou region (Southern Ivory Coast): Hydrochemistry, isotopy and groundwater ageing index. PhD thesis, 3rd cycle, National University of Ivory Coast, 200p, 1995.
- [13] Doumbia F. The supply of inputs to the modern poultry industry in Senegal. Thèse : Méd. Vét : Dakar ; 27, 2002.
- [14] Tossou M.L, Chrysostome C.A.A.M, Houndonougbo M.F, A. Missohou A & Abiola FA., Influence of the housing system on some zootechnical and economic performances of laying hens in South Benin. *Agronomie Africaine*, 2014, 26 (2): 147 - 154.
- [15] Thiemoko Y., Effect of incorporating low-grade rice flour in broiler feeds. *Bull. Anil11. Hlth. Prod. Afr.*, 1992, 40, 161 - 165.
- [16] A.O.A.C. Official Methods of Analysis. 15th Edition, Association of Official Analytical Chemist, Washington DC, Etats Unis, 1990, pp 200-210.
- [17] AOAC. Official Methods of Analysis Chemists. Washington D.C. 1999, 808-1113.
- [18] Aubry IM. Determination of the crude cellulose content in animal feed version date of application. In Federal Agency for the Safety of the Food Chain, 2012 (Vol. 7, pp. 1 - 8).

- [19] ISA. Isa brown nutrition guide for commercial layers. Animal Selection Institute B.V. Villa 'de Körver' Spoorstraat 69 P.O. Box 114 5830 AC Boxmeer / The Netherlands T +31 485 319111 F +31 485 319112 Info.isa@hendrix-genetics.com www.isapoultry.com, 2011.
- [20] Huart A.. The ingredients that make up poultry feed. ECO CONGO. 5p, 2004.
- [21] Bindlingmeyer BA, Cohen SA, Tarvin TL. Rapid analysis of amino acids using precolumn derivitization. In J. Chromatogr.336, 1984.
- [22] Pellerin F. & Dumitrescu D, Determination of lipo- and water-soluble vitamins in polyvitamin preparations by high performance liquid chromatography (HPLC). 1980, Vol.27, issue 3, pp 243-251.
- [23] Le Turdu Y. Egg-laying losses in hens. Rev. Poultry farmer, 1981, N°412., pp 70-78.
- [24] Silue F.E, Ouattara H, Meite A, N'goran K.D.V, Veronique C, Kati C.S. Zootechnical, Economic Performance and Physical Quality of Eggs from Hens Fed Diets with Different Concentrations of Cashew Kernel Meal (Côte d'Ivoire). European Scientific Journal January, 2020, edition Vol.16, No.3 ISSN : 1857 - 7881 (Print) e - ISSN 1857-7431. 17 P.
- [25] O.C.C, Standard 052/ 4-1 on the control of foods derived from flour,1998.
- [26] Lhoste P., Dolle V., Rousseau J., Soltner D., Zootechnics of hot regions: livestock systems. Center for International Cooperation in Agricultural Research for Development (CIRAD), Ministry of Cooperation, French Republic: 288 p., 1993.
- [27] Raharinirina R, Protein feeding and performance of laying hens, case of the ISA BROWN strain, aged 21 to 50 weeks. Dissertation for the degree of Bachelor of Science in Agronomy and Environmental Sciences, Animal Sciences. 53, 2017.
- [28] Nesseim T.D.T., Contribution to the study of the nutritional quality of feed and raw materials used in poultry farming in the peri-urban area of Dakar. Dissertation for the diploma of advanced studies in animal production option: Zootechnics - Food – Economics, 2005.
- [29] Manassé F.V.H., Contribution to the study of the effects of the increase of soybean content in the feed of laying hens, commercial strain SHAVER 777, on egg production. End of study thesis, University of Antanarivo Ecole Supérieure de Sciences Agronomiques Department: ELEVAGE. 140p, 1999.
- [30] NOVOGEN Commercial Layer Breeding Guide. Tel.+ 33 (0)2 96 58 12 60 - Fax + 33 (0)2 96 58 12 61 contact@novogen-layers.com /www.novogen-layers.com, 2015.
- [31] Koné Y.K.C. Influence of feed supplements on growth, laying performance and organoleptic quality of broilers (Arbor strain) and layers (Warren strain). Thesis For the award of the degree of Doctor in Food Science and Technology of NANGUf ABROGOUA.University 208p, 2013.
- [32] Alders R. Poultry farming: a source of profit and pleasure. FAO brochure on diversification. 2005; Rome: FAO. 3p.
- [33] Omri Inat B, Impact of fenugreek on egg laying performance, physicochemical and dietary quality, stability of polyunsaturated fatty acids enriched lipids and yolk colouration of hen eggs. Phd Thesis In Agronomic Sciences. Speciality: Animal production sciences. Doctoral School Sciences and Techniques of Agronomy and the Environment. 178p, 2018.
- [34] Nesseim T.D.T., Contribution to the study of the nutritional quality of feed and raw materials used in poultry farming in the peri-urban area of Dakar. Dissertation for the diploma of advanced studies in animal production option: Zootechnics - Food – Economics, 2005.
- [35] Baksh T. African Farming and Food Processing (Egg Production). 112 – 113, 1998.
- [36] Wardowski W.F., Ahrens M.J., Cashew Apple and Nut, in : Nagy S., Shaw P.E., (Eds) Fruits of tropical and subtropical origin, Florida Sci. Source, Lake Alfred, USA, 15P, 1990.
- [37] Chancy M. I dentification of potential niches in Haiti's rural sectors (HA-T1008/ATN-FC-9052). Intensive poultry/broiler industries.21 p, 2005.
- [38] Vigne M, Benagabou L, Faverdin P, Coulibaly D, Ba A, Vall E, Kanwe A et Blanchard M. Evaluation of the fossil energy efficiency of livestock systems in West Africa. Adaptations and methodological perspectives. INRA. Prod. Anim, 2014, 27 (5), 369-380p.
- [39] Sauveur B., Adaptation of feed intake to daily variations in the hen's calcium and phosphorus requirements.INRA Prod. Anim., 1992, 5, 19 - 28.

- [40] Randrianarison S., Contribution to the study of the effects of the substitution of ground maize by germinated maize in the diet of laying hens on egg production. Case of the Talatamaty farm. End of study thesis E.S.S. Agronomiques département ELEVAGE Université d'Antananarivo. 103 p, 1995.
- [41] Tougan P.U, Dahouda M, Salifou C.F.A, Ahounou G.S, Kossou D.N.F, Amenou C, Kogbeto C.E, Kpodekon M.T, Mensah G.A, Logany G, Thewis A et Youssao I.A.K., Nutritional quality of meat from local poultry population of Gallus gal/us species of Bénin. Journal of Animal & Plant Sciences, 2013a , Vol. 19, Issue 2 : 2908-2922p.
- [42] Tougan P.U, Dahouda M, Salifou C.F.A, Ahounou G.S, Kossou D.N.F, Amenou C, Kogbeto C.E, Kpodekon M.T, Mensah G.A, Logany G, Thewis A et Youssao I.A.K., Nutritional quality of meat from local poultry population of Gallus gal/us species of Bénin. Journal of Animal & Plant Sciences, 2013a , Vol. 19, Issue 2 : 2908-2922p.
- [43] Larbier M et Leclercq B.. Poultry nutrition and feeding. INRA, Paris, 355 p, 1989;
- [44] Leclercq B., Blum J.C., Sauveur B and Stevens P. Feeding monogastric animals: pigs, rabbits, poultry. INRA. 239p, 1989.
- [45] INRA. Feeding monogastric animals: pigs, rabbits, poultry. INRA, 2ème éd. Paris, 282p, 1989.
- [46] Kouakou N'G.D.V., Angbo-Kouakou C.E.M., Koné G.A., Kouame K.B., Yéboué F. de P., Kouba M.. Enhancement of rubber kernel and cashew nut cakes in the diet of postweaning and growing pigs. Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop., 2018, 71 (1-2) : 81-85, doi: 10.19182/remvt.31256.
- [47] Leyral.G et Vrielling, E. Microbiology and Toxicology of Foods: Food hygiene and safety. 2 éd. DOIN, pp.81-162, 1997.

Publication 4 : Ouattara Abdoulaye, Diomande Masse. and Fofana Daouda. (2023). Impact of cashew meal (*Anacardium occidentale*) incorporation on the economic profitability of laying hen production (ISA Brown) in Côte d'Ivoire. *GSC Advanced Research and Reviews*, 2023, 14(03), 131–140. Article DOI: <https://doi.org/10.30574/gscarr.2023.14.3.0081>



(RESEARCH ARTICLE)



Impact of cashew meal (*Anacardium occidentale*) incorporation on the economic profitability of laying hen production (ISA Brown) in Côte d'Ivoire

Ouattara Abdoulaye, Diomande Masse * and Fofana Daouda

Department of Biochemistry and Microbiology, Agro valorisation Laboratory, Agroforestry Unit, Jean Lorougnon Guede University, Côte d'Ivoire.

GSC Advanced Research and Reviews, 2023, 14(03), 131–140

Publication history: Received on 06 February 2023; revised on 14 March 2023; accepted on 17 March 2023

Article DOI: <https://doi.org/10.30574/gscarr.2023.14.3.0081>

Abstract

In Côte d'Ivoire, protein feed in poultry farming is expensive. This study was conducted to evaluate the impact of incorporating cashew meal on the economic profitability of laying hen production (ISA Brown). For this purpose, ISA Brown pullets were selected and fed with cashew meal-based feed. Batches were fed T0 (control), T1 (100% cashew meal), T2 (50% cashew meal) and T3 (95% cashew meal) feed. They were reared for forty-six (46) weeks and subjected to the same prophylaxis (health and medical). The price per kilogram of feed, the production cost and the total investment were impacted by the formulation. The gross profit margin per batch, the sale of livestock products and the economic profitability of the productions were also influenced by the formulation (cashew cake incorporation rate). The price per kilogram of feed (growing, pre-laying, and laying) was 181.04, 192.02 and 204.84 CFA francs (T0), 161.66, 170.02 and 181.84 CFA francs (T1), 170.76, 180.67 and 193.04 CFA francs (T2) and 160.71, 168.72 and 180.69 CFA francs (T3). The total invested was 358296.53 CFA francs (T0), 278625.28 CFA francs (T1), 327834.21 CFA francs (T2) and 269211.67 CFA francs (T3). The sale of livestock products was 551056.66 (T0), 297900 fcfa (T1), 485039.33 fcfa (T2) and 328898.66 fcfa (T3). The economic profitability of production was 1.53 (T0), 1.06 (T1), 1.47 (T2) and 1.22 (T3). The T3 and T2 feeds were the cheapest. The use of cashew meal in animal feed has improved the economic profitability of laying hen production in Côte d'Ivoire and generated significant profit margins.

Keywords: Feed; Cashew meal; Economic profitability; Gross margin; Laying hen

1. Introduction

The Covid health crisis¹⁹ has led to an increase in the cost of imported raw materials, which has directly resulted in the high cost of production of laying hens. In most sub-Saharan countries, conventional sources of protein such as soybean and groundnut meal and fishmeal are indeed scarce and therefore expensive (Dahouda et al., 2009). Increasing amounts of cereals and soybeans are imported from the North, resulting in large foreign exchange outflows (Picard et al., 1993). Manufacturers sometimes find it difficult to find maize in quality and quantity. Cottonseed cake and fishmeal, also purchased locally, are not always available, creating stock-outs. Soybean meal, which is the third source of protein, is imported (Ducroquet et al., 2017). However, in most developing countries, significant quantities of agricultural by-products and residues are generated each year. These by-products, which tend to accumulate, could be used in animal feed (Jayathilakan et al., 2012). For example, in Côte d'Ivoire, the world's largest cashew nut producer, cashew kernels could be an interesting alternative to imported soybean meal at high cost (Atteh and Ologbenla, 1993; Aduku, 1993; Odunsi, 2002). Cashew kernel co-product meal fits into this range of agricultural products. The technical and economic aspects are important in animal production in order to consider the sustainability of production.

The objective of this study is therefore to calculate the economic profitability of the various cashew meal-based treatments. It will involve :

* Corresponding author: Diomande Masse

- Calculate the cost of production;
- Calculate the gross profit margin;
- Evaluate the economic profitability for each batch.

2. Material and methods

2.1. Study site

The study was conducted in Port-Bouët, more precisely in the private DVA farm located in Abbeykro behind the Félix Houphouët Boigny Airport, not far from the private Makkaiis estate. The experiment took place from November 2020 to December 2021. The site houses four buildings, two (2) dormitories and a shop for the conservation of raw materials and livestock products. The two large buildings have a capacity of 2000 laying hens and a small building with a capacity of 200 cockerels. The experimental building was built to house the experimental hens (Figure 1).



Figure 1 Study site

2.2. Fixed costs

2.2.1. Building and equipment for breeding

This is a 15/3 m building that was arranged in 5 compartments separated by nets. Each compartment had a surface area of 9 m² in which two troughs and three (3) conical feeders were installed (Figure 2).



Figure 2 Bulding and equipment for breeding

2.3. Variable loads

2.3.1. Formulations

The composition of the feeds distributed in this experiment is shown in Tables 1, 2 and 3. Cashew, soybean and cotton cakes were used as the main source of vegetable protein in this experiment (Figure 3). The raw materials used for the feed formulations (growth and pre-feed) were the same, with the only difference being the rate of incorporation. As for the formulation of egg feeds, in addition to the incorporation rates of the raw materials, wheat bran was removed, and artisanal fish meal was incorporated.

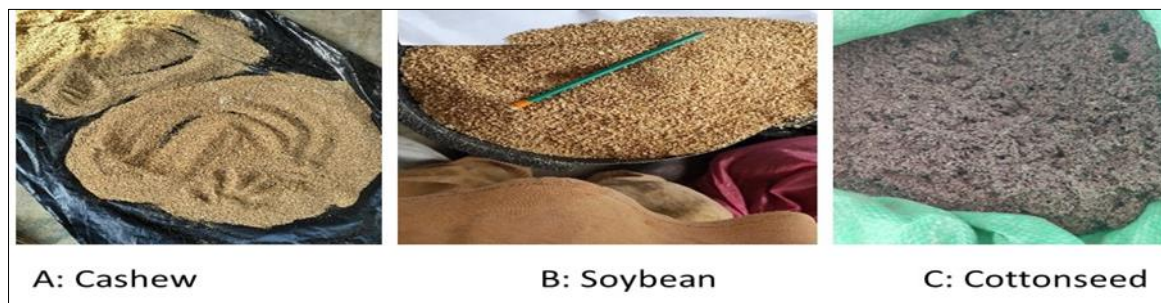


Figure 3 Image of plant protein sources

Table 1 Centesimal composition of feeds distributed in the growth phase

R M (kg)	Providers			
	T0	T1	T2	T3
Cashew meal	-	19	9.5	18.05
Soybean meal	19	-	9.5	-
Cottonseed cake	-	-	-	0.95
Yellow corn	60	60	60	60
Wheat bran	17.8	17.8	17.8	17.8
Premix TNH	1.3	1.3	1.3	1.3
Fysal	0.3	0.3	0.3	0.3
Toxo	0.2	0.2	0.2	0.2
Oyster shell	1	1	1	1
Salt (NaCl)	0.4	0.4	0.4	0.4
Totals	100	100	100	100

R M: raw material, T0: control 0 % cashew meal, T1: substitution of cashew meal for soybean meal 100 % cashew meal, T2: feed with 50 % cashew meal, T3: feed with 95 % cashew meal, NaCl: sodium chloride

Table 2 Composition of a tonne of feed distributed in the pre-sowing phase

R M (kg)	Providers			
	T0	T1	T2	T3
Cashew meal	-	220	110	209
Soybean meal	220	-	110	-
Cottonseed cake	-	-	-	11
Yellow corn	640	640	640	640
Wheat bran	80	80	80	80
Premix TNH	12.5	12.5	12.5	12.5
Fysal	2.5	2.5	2.5	2.5
Toxo	1.5	1.5	1.5	1.5
Oyster shell	40	40	40	40
Salt (NaCl)	3.5	3.5	3.5	3.5
Totals	1000	1000	1000	1000

R M: raw material, T0: control 0 % cashew meal, T1: substitution of cashew meal for soybean meal 100 % cashew meal, T2: feed with 50 % cashew meal, T3: feed with 95 % cashew meal, NaCl: sodium chloride

Table 3 Composition of a tonne of feed distributed in egg laying

R M (kg)	Providers			
	T0	T1	T2	T3
Cashew meal	-	230	115	218.5
Soybean meal	230	-	115	-
Cottonseed cake	-	-	-	11.5
Yellow corn	650	650	650	650
Wheat bran	7.5	7.5	7.5	7.5
Premix TNH	12.5	12.5	12.5	12.5
Fysal	2.5	2.5	2.5	2.5
Toxo	1.5	1.5	1.5	1.5
Oyster shell	80	80	80	80
Salt (NaCl)	3	3	3	3
Palm oil	13	13	13	13
Totaux	1000	1000	1000	1000

R M: raw material, T0: control 0 % cashew meal, T1: substitution of cashew meal for soybean meal 100 % cashew meal, T2: feed with 50 % cashew meal, T3: feed with 95 % cashew meal, NaCl: sodium chloride

2.3.2. Veterinary products

Laying hens were immunized against many diseases during the rearing phase (growing and pre-laying). During the laying period, the booster vaccination, and the maintenance of good health of the hens were observed. The costs for the veterinary products involve the service and visit of the veterinarians.

2.3.3. Energy

Two sources of energy supply the site (an electric current provided by the Compagnie Ivoirienne d'Electricité (CIE) and a solar panel that provides backup in case of power cuts) and a borehole for watering the animals and other uses.

2.3.4. Livestock products

The livestock products consisted of eggs collected each day during the laying period. At the end of egg production, the hens were reformed before being sold on the local market (Figure 4).



Figure 4 Livestock products (eggs and reformed hens)

2.4. Methods

2.4.1. Feed formulation

The purchase price of the raw materials and additives used for feed formulation and production was used to calculate the feed costs for each batch. Thus, cashew meal was produced on the farm. Soybean meal, cottonseed meal, wheat bran, TNH premix, fysical, toxo and shell were purchased from feed marketing companies. Yellow maize, salt (NaCl) and artisanal fishmeal were purchased commercially.

2.4.2. Bird monitoring

The production cycle of laying hens (ISA Brown) is subdivided into four (4) main physiological phases (start-up, growth, pre-laying, and laying). During the physiological phases, chicks, pullets, and layers were reared according to the recommendations of the strain (ISA Brown). Feed was formulated according to the needs of the birds. The feed was fed at the same time each day (15:00). The zootechnical parameters during the physiological phases were measured and calculated. The expenses incurred were recorded and used to calculate the profitability of the productions.

2.4.3. Zootechnical parameters

In this study, feed intake was used for the calculation of feed costs. The mortality rate was used to calculate the number of hens sold. The number of eggs laid was used to calculate the number of egg trays sold. The downgraded egg rate was used to calculate the downgraded eggs sold.

2.4.4. Economic evaluation

Feed production cost (FPC)

Centesimal formulas were used to calculate the kilogram of feed distributed. Thus, the cost of feed production was calculated by multiplying the feed intake of the hen by the number of hens by the price per kilogram of feed. The cost of feed production was calculated according to the formula:

$$FPC = FI \times nd \times nhens \times price \text{ per kg of feed}$$

Total investment (TI)

For each treatment, the total investment was the sum of all the expenses made to improve production. For each treatment (T0, T1, T2 and T3), it was made up of the costs of obtaining chicks, production of feed consumed, veterinary products and unforeseen but useful expenses for improving production.

$$TI = \sum \text{expenses}$$

Sale of livestock products (eggs and reformed hens) (SLiPro)

Farming products were made up of the day's eggs and reformed hens after laying. In each batch, the daily eggs were collected, sorted, weighed, and placed in trays for sale on the local market. The reformed hens were sold after the hens had laid. The sale of livestock products (eggs and reformed hens) was sold on the local market.

$$\text{Sale of eggs} = \text{number of trays} \times \text{price of a tray}$$

$$\text{Sale of reformed hens} = \text{number of hens} \times \text{price of a hen}$$

Profit margins

- Gross profit margin (GPM)

The gross profit margin for each treatment was calculated. This was done by considering the sale of the rearing products (eggs and reformed hens) minus the total investment. Thus, it was calculated according to this formula:

$$GPM = \text{SLiPro} - \text{TI}$$

- Net margin (MBN)

The net margin is the value of the production minus all production costs. This calculation considers all expenses (planned and unplanned) for a good production of hens: $\text{MBN} = \text{Production} - \text{production cost}$

- Profitability of production (RP)

The profitability of a production is the ratio of capital to profit. Capital is the investment and profit is the sale of livestock products.

$$RP = \text{Capital} / \text{Profile}$$

3. Results

3.1. Unit price of raw materials and feed additives

The cost of acquiring raw materials and feed additives on the farm is given in the table. Cashew meal was the least expensive (300 CFA francs/kg) compared to soybean meal (400 CFA francs/kg). Cottonseed cake was the cheapest (200 CFA francs) of the plant proteins. Local fishmeal was purchased at 300 CFA francs per kilogram. Yellow maize was purchased at 115 fcfa/kg. Wheat bran was obtained at 40 fcfa. The red palm oil cost 550 fcfa per kilogram. TNH premix, fysal, toxo, salt (NaCl) and oyster shell were purchased at 1380 fcfa, 1800 fcfa, 2400 fcfa, 100 fcfa and 38 fcfa per kilogram respectively (Table 4).

Table 4 Unit prices of raw materials and food additives

R M	Cas m	soym	cotm	LFM	YM	WB	RPOi	PTNH	Fys	Tox	OS	Salt
fcfa / kg	300	400	200	300	115	40	550	1380	1800	2400	38	100

R M: raw material, cas m: cashew meal, soym: soybean meal, cotm: cottonseed meal, LFM: local fish meal, YM: yellow maize, WB: wheat bran, RPOi: red palm oil, PTNH: premix TNH, Fys: fysal, Tox: toxo, OS: oyster shell, fcfa: franc of the African financial community

3.2. Cost per kilogram of feed

The price per kilogram of T0 feed distributed during the physiological phases (growth, pre-spawning, and spawning) (181.04; 192.02 and 204.84 fcfa) was the most expensive compared to T1 feed (161.66; 170.02 and 181.84 fcfa), T2 feed (170.76; 180.67 and 193.04 fcfa) and T3 feed (160.71; 168.72 and 180.69 fcfa). At the same time, T1 and T3 are by far the cheapest (Table 5).

Table 5 Price per kilogram of physiological phase feed

Physiological stages	Providers			
	T0	T1	T2	T3
Growth (fcfa / kg)	181.04	161.66	170.76	160.71
Pre-laying (fcfa / kg)	192.02	170.02	180.67	168.92
Spawning (fcfa / kg)	204.84	181.84	193.04	180.69

T0: control 0 % cashew meal, T1: substitution of cashew meal for soybean meal 100 % cashew meal, T2: feed with 50 % cashew meal, T3: feed with 95 % cashew meal, fcfa: franc of the African financial community

3.3. Cost of production of distributed feeds

3.3.1. Growth phase

The batch of laying hens fed with feed T0 consumed 207890.90 g of feed which corresponds to 37636.56 fcfa. The T1, T2 and T3 batches consumed 190673 g (30896.65 fcfa), 205569 g (35181.07 fcfa) and 175994 g (28350.87 fcfa) respectively during the growth phase (Table 6). The cost of production of T3 and T1 feed was the least expensive.

Table 6 Production costs of feeds distributed in the growth phase

Indices	Provedes			
	T0	T1	T2	T3
FI / d (g)	2 969.87	2 723.9	2 936.7	2 514.2
Feed consumed (g)	207 890.9	190 673	205 569	175 994
Price per kg (fcfa/kg)	181.04	162.04	171.14	161.09
PCGF (fcfa)	37 636.56	30 896.65	35 181.07	28 350.87

T0: 0% cashew meal, T1: 100% cashew meal, T2: 50% cashew meal, T3: 95% cashew meal, FI/d: feed intake per day, PCGF: production cost of growth feed, fcfa: African financial community franc.

3.3.2. Pre-feeding phase

The feed production costs were T0, T1, T2 and T3 were 14329.80 CFA francs, 10507.74 CFA francs, 12772.54 CFA francs and 9135.590 CFA francs respectively. Provisions T0 and T2 were the most expensive compared to T1 and T3 (Table 7).

Table 7 Production costs of feeds distributed in the pre-sowing phase

Index	Providers			
	T0	T1	T2	T3
AFC / d (g)	78.97	65.4	74.81	57.23
Feed consumed (g)	74 626.65	61 803	70 695.45	54 082.35
Price per kg (fcfa/kg)	192.02	170.02	180.67	168.92
PC Pre-feed (fcfa)	14 329.80	10 507.74	12 772.54	9 135.59

d: day, AFC: average feed consumption, T0: 0% cashew meal, T1: 100% cashew meal, T2: 50% cashew meal, T3: 95% cashew meal, Prov cons: feed consumed, PCPre-feed: production cost of pre-feed, fcfa: African financial community franc.

3.3.3. Egg-laying phase

During the egg-laying phase, the feed distributed was estimated at 198378.51 CFA francs (T0), 129269.25 CFA francs (T1), 171928.94 CFA francs (T3) and 123773.57 CFA francs (T3). The study shows that T3 feed was the least expensive feed compared to the other feeds T0, T1 and T2 (Table 8).

Table 8 Production cost of egg feed distributed during this phase

Index	Providers			
	T0	T1	T2	T3
Qt fe / d (g)	4 192.45	3 077.47	3 855.58	2 965.39
Feed consd (g)	968 455.95	710 895.57	890 638.98	685 005.09
Price per kg (fcfa/kg)	204.84	181.84	193.04	180.69
PC Pre (fcfa)	198 378.51	129 269.25	171 928.94	123 773.57

qtp: quantity of feed, T0: 0% cashew meal, T1: 100% cashew meal, T2: 50% cashew meal, T3: 95% cashew meal, feed consd: feed consumed, PC Pre-feed: production cost of pre, fcfa: African financial community franc

3.4. Sale of livestock products

The livestock products were sold and sorted in each batch. The EVP of lot T0 was 551056.66 fcfa. The EVP of lots T1, T2 and T3 was 297900 CFA francs, 485039.33 CFA francs and 328898.66 CFA francs respectively. The EVP of lot T1 was the lowest compared to those of lots T3, T2 and T0 (Table 9).

Table 9 Sale of livestock products

Index	Providers			
	T0	T1	T2	T3
No. of eggs sold	6 420.85	2 578.5	5 475.59	2 998.48
No. of trays	214.02	85.95	182.51	99.94
Tray price (fcfa)	2 000	2 000	2 000	2 000
Sale of eggs (fcfa)	428 056.66	171 900	365 039.33	199 898.66
Live hen	41	42	40	43
Unit price (fcfa)	3 000	3 000	3 000	3 000
Sale of hens (fcfa)	123 000	126 000	120 000	129 000
SLiPro (fcfa)	551 056.66	297 900	485 039.33	328 898.66

T0: 0% cashew meal, T1: 100% cashew meal, T2: 50% cashew meal, T3: 95% cashew meal, No: number, SLiPro: sale of livestock products, fcfa: African financial community franc

3.5. Gross profit margin and economic profitability of the production

Lot T0 obtained a gross profit margin of 192760.13 fcfa. The gross profit margins for lots T1, T2 and T3 were 19274.71 CFA francs, 157205.11 CFA francs and 59686.99 CFA francs. The lowest profit margins were obtained with lots T1 (19274.71 fcfa) and T3 (59686.99 fcfa) (Table 10).

Lot T0 showed a profitability of 1.53. As for T1, T2 and T3, the profitability of the production was 1.06, 1.47 and 1.22. Overall, all productions were profitable. The lowest profitability was recorded with batch T1 (1.06).

Table 10 Gross profit margin

Index	Providers			
	T0	T1	T2	T3
VPE (fcfa)	551 056.66	297 900	485 039.33	328 898.66
Total inves (fcfa)	358 296.53	278 625.28	327 834.21	269 211.67
MBB (fcfa)	192 760.13	19 274.71	157205.11	59 686.99
R E	1.53	1.06	1.47	1.22

T0: 0% cashew meal, T1: 100% cashew meal, T2: 50% cashew meal, T3: 95% cashew meal, VPE: sale of livestock products, invested, MBB: gross profit margin, fcfa: franc of the African financial community, RE: economic return

4. Discussion

The formulations used in this study differed in the incorporation rates of the vegetable protein sources. Thus, in feed T0 the only plant protein source was soybean meal. In feed T1, a single plant protein source (cashew meal) was also used. This is the substitution of soybean meal for cashew meal. Feeds T2 and T3 used two (2) sources of vegetable protein. Cashew meal and soybean meal were incorporated at 50% (T2) and cashew meal and cotton meal were used at a ratio of 95:5 cashew to cotton (T3). The other raw materials and additives were used in the same way.

The variation in the acquisition costs of protein raw materials can be explained in part by the origin of these materials. For example, the cashew meal used was produced on the farm from the co-products of cashew kernels collected from companies based in Abidjan in Côte d'Ivoire. Soybean meal is imported and purchased commercially. Cottonseed cake is purchased commercially but produced in Côte d'Ivoire. The prices of co-products vary according to their availability and nutritional value. The prices of certain co-products, such as oilcake, are based on the world market and can vary greatly, sometimes unexpectedly, for various reasons (availability of land, harvest forecasts, bad weather, geopolitical factors, etc.). Soybean meal is generally used as a benchmark for nitrogenous co-products.

The low price per kilogram of cashew meal-based feeds can be partly explained by the formulation. This price is lower than the 207.66 F CFA/kg (control diet) and 219.052 F CFA/kg (experimental diet) (Ouattara *et al.*, 2014) of their study on the effects of roasted *Vigna unguiculata* (cowpea) seeds as a source of protein, in the diet of local laying hens in Burkina Faso, on their zootechnical performance and the economic profitability of the diets. According to Chapoutot *et al.* (2019), when a co-product is available and its feed value and recommendations for use are confirmed, the economic relevance of its introduction in a given feed system should be verified. For example, feed formulations involving a high cashew meal content had a low price per kilogram of feed compared to the control. Cashew meal had to alter the cost of feed production. The low production costs of cashew meal-based feeds in this study can be explained by the low level of feed consumption in these batches on the one hand and the low feed prices per kilogram on the other. Thus, cashew meal allowed for the production of feed at a lower cost (growth, pre-laying and laying).

The sale of livestock products (VPE) in lot T1 was the lowest compared to those of lots T3, T2 and T0. This could be explained by the poor laying performance. In this batch, the number of eggs marketed (2578.5 fcfa) was the lowest compared to the other batches T0 (6420.85 fcfa), T2 (5475.59 fcfa) and T3 (2998.48 fcfa).

The low profitability was recorded with lot T1. This result could be explained by the low profit margin generated by this batch of hens. On the whole, production generated a profit margin. Thus, the production of eggs for consumption with cashew meal-based feeds will allow for a significant economic profitability. These results were superior to those 0.65 (RT), 0.67 (R10), 0.68 (R15) and 0.66 (R20) (Silué *et al.*, 2020) of their study on the zootechnical, economic and physical quality performance of eggs from hens fed diets containing different concentrations of cashew kernel meal (Côte d'Ivoire). Also, these results were above 0.5 for all batches (T0, T1, T2 and T3). The production was profitable according to the theory of Perrin *et al.* (1979). These results ensure sustainability, reinvestment and improvement of production. To survive in a sustainable way, a company must optimise its production factors and derive surpluses and benefits from them. Profitability is the first necessary but not sufficient condition for survival. The concept of profitability seems very simple at first glance: capital generates profit, and therefore the ratio between capital and profit is expressed as a rate of return. It therefore reflects the relationship between the income obtained or expected and the resources used to obtain it. The concept applies to companies but also to any other investment. Profitability then represents the evaluation of the performance of resources invested by investors (FAO, 2005).

5. Conclusion

This study was conducted to evaluate the impact of cashew meal incorporation on the economic profitability of laying hen production (ISA Brown).

The results showed that the price per kilogram of feed, the cost of production and the total investment were impacted by the formulation. The gross profit margin per batch, the sale of livestock products and the economic profitability of the productions were also influenced by the formulation (cashew meal incorporation rate).

The use of cashew meal in feed for laying hens reduced the production cost of feed. The T3 and T2 feeds were the cheapest. Overall, all feeds achieved a profitability ratio above 1.

Compliance with ethical standards

Acknowledgments

We acknowledged the entire staff of the Agrovalorisation Laboratory of Jean Lorougnon Guede University for providing technical assistance during this research. We would also like to thank Mr. Ouattara Issoufou and his family for making his poultry farm and equipment available to us for the completion of this study.

Disclosure of conflict of interest

All The author declare no conflict of interest.

References

- [1] Aduku, A.O. (1993). Tropical feedstuff analysis table. Ahmadu Bello University. Samara, Zaria. Nigeria, P: 1-4.
- [2] Atteh, J.O. and Ologbenla, F.D. (1993). Replacement of fishmeal with maggots in broiler diets: Effect on performance and nutrient retention. Nigerian Journal of Animal Production, 1:44-49.
- [3] Chapoutot, P., Rouillé, B., Sauvart, D and Renaut, B. (2018). Co-products of the agri-food industry: quality food resources not to be neglected. Vol. 31 No. 3: Dossier: Feed resources for farm animals 201-220.
- [4] Dahouda, M., Toleba, S.S., Senou, M., Youssao, A.K., Hambuckers, A., and Hornick, J. (2009). Non-conventional feed resources useful for poultry production in Africa: nutritional values and constraints. Ann. Vet. 153: 5-21.
- [5] Ducroquet, H., Tillie, P., Louhichi, K. and Gomez-Y-Paloma, S., (2017). Côte d'Ivoire's agriculture under the microscope state of the filières of plant and animal production and review of agricultural policies.
- [6] FAO (2005). The state of food and agriculture. Agriculture No. 36. ISSN 0251 - 1460.
- [7] Jayathilakan, K., Khudisa Sultana, K., Radhakrishna, A.S. and Bawa (2012). Utilization of byproducts and waste materials from meat, poultry, and fish processing industries: a review. Journal of Food Science and Technology, 49(3): 278-293.
- [8] Odunsi, A.A. (2002). Effect of feeding reject cashew kernel meal on pre and early- laying performance of pullet. Archivos de Zootecnia, 51: 423-429.
- [9] Ouattara, S., Bougouma-yameogo, V.M.C., Nianogo, A.J., and Al Bachir, A. (1999). Effects of roasted *Vigna unguiculata* (cowpea) seeds as a source of protein in the diet of local laying hens in Burkina Faso on their zootechnical performance and the economic profitability of the diets. Int. J. Biol. Chem. Sci. 8(5), <http://ajol.info/index.php/ijbcs>
- [10] Picard, M., Sauveur, B., Fenardji, F., Angulo, I., and Mongin, P. (1993). Possible technico-economic adjustments to poultry feeding in hot countries. INRA Productions animales, 6(2): 87-103.
- [11] Perrin, R.K., Winkemann, D.L., Moscardi, E.R. and Aderson, J.R. (1979). How to establish farmer advice from experimental data. Mexico City. CIMMYT (Edición especial). 38p.
- [12] Silue, F.E., Ouattara, H., Meite, A., N'goran, K.D.V., Veronique, C. and Kati, C.S. (2020). Zootechnical, economic performance and physical quality of eggs of hens fed diets with different concentrations of cashew kernel meal (Ivory Coast). European Scientific Journal January 2020 edition Vol.16, No.3 ISSN: 1857-7881 (Print) e-ISSN 1857-7431. 17 p. https://ec.europa.eu/agriculture/market-observatory_fr.

Publication 5 : Ouattara Abdoulaye., Fofana Daouda., Diomande Massé., Beugre Grah Avit Maxwell., Konate Ibrahim., Bouatene Djakalia. et Beugre Grah Avit Maxwell. (2023). 'Production et caractérisation biochimique du tourteau de cajou (*Anacardium Occidentale L*)', International Journal of Current Advanced Research, 12(04), pp. 1899-1908. DOI: <http://dx.doi.org/10.24327/ijcar.2023.1908.1419>



Research Article

PRODUCTION ET CARACTERISATION BIOCHIMIQUE DU TOURTEAU DE CAJOU (*ANACARDIUM OCCIDENTALE L.*)**Ouattara Abdoulaye¹, Fofana Daouda², Diomande Massé*³, Beugre Grah Avit Maxwell⁴, Konate Ibrahim⁵, Bouatene Djakalia⁶ and Beugre Grah Avit Maxwell⁷**^{1,2,3,4,5}Laboratoire d'Agro valorisation, Département de Biochimie et Microbiologie, UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé, Côte d'Ivoire^{6,7}UFR Sciences et Technologie des Aliments, Université Nangui Abrogoua, Côte d'Ivoire**ARTICLE INFO****Article History:**Received 13th January, 2023Received in revised form 11th February, 2023Accepted 8th March, 2023Published online 28th April, 2023**Key words:**

Cashew co-products, cake, protein, minerals, vitamins

ABSTRACT

The aim of this study is to valorise the co-products of cashew nuts. To this end, co-products were collected from companies involved in cashew processing based in Abidjan (Ivory Coast). For a quantity of 100±0.25kg of co-products collected for the production of cashew meal, 2.17±1.57kg of skins and 5.61±1.18kg of other impurities are sorted. The reusable quantity of co-products as 92.22±3.75kg. The production of cashew meal (sorted co-products 92.22±3.75kg), allowed us to extract 22.25±1.83kg of an oil + water mixture and 66.85±5.11kg of meal. By the oil extraction technique applied, the extraction rate was 24.13% and the cashew meal production rate 72.50%. The physicochemical characterisation of the cashew meal revealed a dry matter content of fat (8.57±0.76%), crude protein (20.34±0.34%), crude cellulose (5.28±0.14%), total ash (4.78±0.85%) and metabolizable energy (3762.38 ± 40.29). The minerals measured in cashew meal revealed an important source of mineral salts and mineral trace elements. Vitamins B1, B2 and C are also present in cashew co-products could be valorised to a level that would reduce industrial waste. Cashew meal is an excellent source of crude protein with the presence of eight (8) amino acids in this protein. The high quantity of mineral elements (macro and trace elements) and the presence of vitamins B1, B2 and C in cashew meal make it a raw material for animal feed. Cashew meal could thus allow the improvement of animal production through the valorisation of protein sources.

Copyright©the all authors 2023. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

INTRODUCTION

La noix de cajou est le fruit de l'*Anacardium occidentale L* (Anacarde) qui appartient à la famille des Anacardiaceae. Originaire du Brésil, l'*Anacardium occidentale L* s'est propagé dans d'autres régions de l'Amérique du Sud et de l'Amérique centrale, du Mexique et des Antilles. Dans les années 1600, les commerçants portugais ont introduit l'anacarde en Inde et en Afrique pour prévenir l'érosion des sols. Il est maintenant largement cultivé pour ses noix et d'autres produits dans les régions côtières d'Afrique du Sud, de Madagascar, de Tanzanie, d'Asie du Sud, et du Sri Lanka vers les Philippines (Abderahim, 2019). L'anacarde a été introduite en Côte d'Ivoire dans les années 1960 par la Société d'Assistance Technique pour la Modernisation de l'Agriculture (SATMACI) et la Société pour le Développement des Forêts (SODEFOR), dans le cadre des programmes de protection de l'environnement et de lutte contre l'érosion et la déforestation (Ducroquet *et al.*, 2017). C'est à partir des années 1970 que les producteurs ont pris conscience de l'intérêt économique de l'anacarde. Les premières plantations d'anacardiers à but

commercial avec une expansion des superficies ont été installées en 1972 (Coulbaly, 2017).

Par ailleurs, la production d'anacarde de la Côte d'Ivoire en 2015, représentait 24,2 % de la production mondiale. La quantité exportée était de 665 000 tonnes, soit 94,70 % de la production, vendue notamment vers l'Inde, le Vietnam et le Brésil qui disposent d'industries de transformation grands demandeurs de noix de cajou.

Le reste de la production est transformé localement. En 2017 la production a été de 711 236 tonnes de noix de cajou sur une prévision de 715 000 tonnes (FIRCA, 2018). Ce niveau de production représente la moitié de la production d'Afrique de l'Ouest et 22 % de la production mondiale en 2017 permettant à la Côte d'Ivoire de maintenir la place du premier producteur mondial d'anacarde acquise depuis 2015 (Jeske *et al.*, 2018). La production nationale a plus que doublé en une décennie. Le taux de transformation locale est passé de 1% (4 157 tonnes) en 2008 à 9% (66 800 tonnes) en 2018 (FIRCA, 2018). Cette transformation consiste essentiellement à décortiquer les noix

*Corresponding author: **Diomande Massé**

Laboratoire d'Agro valorisation, Département de Biochimie et Microbiologie, UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé, Côte d'Ivoire

de cajou pour en extraire les amandes. Cette activité apporte une valeur ajoutée de 100 F/kg (Rongead, 2014).

L'amande de cajou est riche en matière grasse. L'extraction *et la* valorisation de cette autre matière grasse produirait une quantité énorme de tourteau qui pourrait être valoriser en alimentation animale précisément en nutrition de volailles. Les tourteaux sont connus pour leur richesse en protéines. Selon Kouakou *et al.*, 2018, le tourteau de cajou contient 29,5% de protéines. Une autre étude menée par Wardwski en 1990 a montré que le tourteau de cajou renferme un taux de protéine brute de 21,5 %.

Cette autre source de protéine végétale permettra au secteur de la production animale de diversifier les sources de protéine dans les formulations afin de réduire le coût de production d'œufs ou de viande de volailles tout en répondant aux besoins des animaux. Depuis longtemps, ce secteur dépendait du tourteau de soja comme source de protéine végétale dans les provendes pour volaille. Un problème d'approvisionnement dû à la crise sanitaire Covid 19 de tourteau de soja se pose d'où la hausse du prix de cette matière première protéique sur le marché international. Vu les difficultés que rencontrent les éleveurs, la recherche *et la* valorisation d'autre source de protéines végétales des nutritionnistes ivoiriens devrait s'orienter vers le tourteau de cajou.

Elle permettra à la Côte d'Ivoire d'être indépendante du tourteau de soja, de créer des emplois et de générer des revenus. Le tourteau de cajou, bien qu'il soit riche en protéines pour les animaux d'élevage notamment les poules pondeuses, l'une des difficultés d'obtention du tourteau de cajou résiderait dans la technologie de production. D'où l'objet de cette étude.

Cette étude vise comme objectif général, la production *et la* caractérisation biochimique du tourteau de cajou. Spécifiquement, il s'agira de:

- Déterminer les proportions de tourteau, huiles, pellicules et autres impuretés issus des amandes de cajou ;
- Evaluer les propriétés physico-chimique du tourteau de cajou ;
- Déterminer les profils en minéraux, acides aminés et vitamines du tourteau de cajou.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Des sous-produits (poudre, brisures et amandes déclassées) des amandes de cajou ont été collectées auprès des entreprises basées à Abidjan en Côte d'Ivoire. Ces structures sont reconnues pour la qualité des activités qu'elles mènent partout en Côte d'Ivoire. Les amandes se présentent sous deux formes ;

- Amandes entières : ce sont des amandes qui ne respectent pas les normes de commercialisation ou qui présentent un ou des défauts visuels,
- Poudre d'amande : ce sont les rejets après blanchiment des amandes.

Quant à la production de tourteau de cajou, elle se résume en huit (8) grandes étapes que présente le diagramme de production (Fig 1).

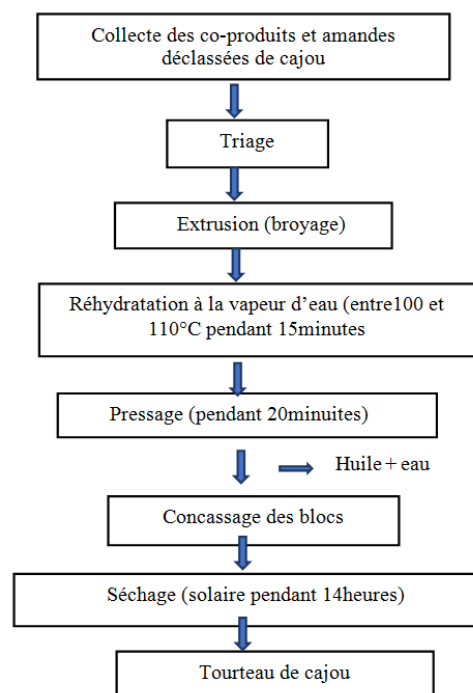


Fig 1 Diagramme de production artisanale du tourteau de cajou

Description des grandes étapes de la production du tourteau de cajou

Collecte des co-produits et amandes déclassées de cajou

Les amandes de cajou (co-produits et amandes déclassées) ont été collectées de septembre 2020 à janvier 2021. Il est question de collecter auprès des entreprises impliquées dans la transformation des amandes de cajou en produits semi-finis ou finis basées à Abidjan en Côte d'Ivoire, des co-produits et amandes déclassées de cajou (déchets industriels). Ces déchets se présentent sous deux formes;

- Amandes déclassées: ce sont des amandes qui ne respectent pas les normes de commercialisation ou qui présentent un ou des défauts visuels impropres à la consommation humaine,
- Poudre d'amande : ce sont les rejets après blanchiment des amandes. Elle est produite de façon intentionnelle ou non au cours du processus de transformation.

Triage des amandes de cajou

L'objectif est de sélectionner des déchets parmi ceux réutilisables. Ainsi, deux (2) groupes de déchets sont constitués. Le premier groupe est composé des amandes défectueuses et corps étrangers (amandes moisies, trop rancies et trop perforées par les charançons, des grains de sable, emballage plastique etc.) et le second groupe ; il est composé de pellicules de cajou (Fig 2).



Fig 1 Triage des déchets réutilisables

Extrusion (broyage) des amandes de cajou

La technologie de production du tourteau de cajou implique une étape d'humidification des amandes de cajou. Dans le but de faciliter cette étape et le pressage, les amandes sont réduites en une granulométrie facilitant ainsi les éventuelles étapes au cours du process. Les tourteaux qui seront produits sont destinés à nourrir des poules pondeuses. Les amandes à l'origine sont trop grosses pour la prise des oiseaux. Elles doivent être réduites et adaptées à la prise de ceux-ci. Les amandes sont envoyées chez un minotier qui se charge de la réduction en poudre des amandes afin d'obtenir des granulométries adaptées à leur âge et à leur préhension.

Réhydratation à la vapeur

A l'aide d'un couscoussier, la farine préalablement obtenue est chauffée. L'objectif de cette étape est de ramollir la poudre des amandes desséchées afin de faciliter le pressage.

Pressage de la poudre hydratée

La pression est réalisée par serrage d'une vis sans fin qui s'appuie sur une plaque métallique. La durée et la puissance de la pression sont très variables et soumises à notre appréciation. Cette machine est couramment utilisée au cours du processus de fabrication de l'attiéké (semoule de manioc) en Côte d'Ivoire (Fig 3).

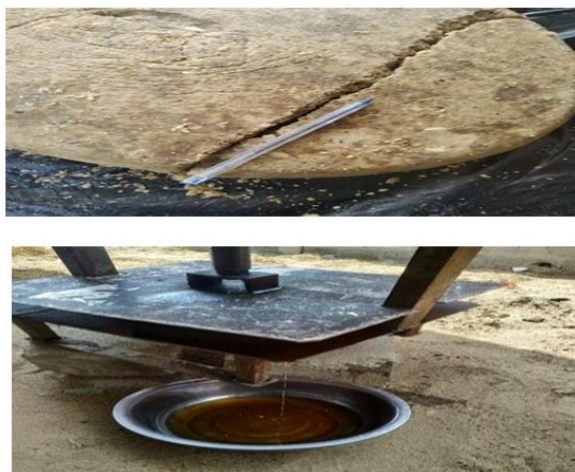


Fig 3 Pressage et extraction de l'huile d'amande de cajou

Concassage des blocs

A la fin de l'étape précédente, des blocs de tourteau de cajou sont obtenus. Ils sont concassés à chaud afin d'éviter le durcissement des blocs, rendant ainsi son utilisation difficile.

Séchage de tourteau humide de cajou

Le tourteau de cajou humide obtenu est étalé sur une surface propre (bâche noire dans notre cas) au soleil pendant 14Heures. L'objectif de cette étape est d'augmenter la durée de conservation du tourteau par abaissement du taux d'humidité. A la fin de cette étape, on obtient le tourteau de cajou prêt à être utiliser.

Tourteau de cajou

Le tourteau de cajou est le résidu sec obtenu après extraction de l'huile des amandes de cajou et séchage. Le tourteau est la deuxième matière première utilisée en alimentation animale en termes de proportion après les céréales. Les tourteaux sont connus pour leurs richesses en protéines (Fig 4).



Fig 4 Tourteau de cajou produit à la ferme, prêt à être utilisé

Calcul des proportions d'impureté et de tourteau de cajou produit

Les impuretés contenues dans les amandes sont triées et pesées. Le taux d'impureté est calculé selon la formule :

%Impureté= (Poids brute amande-poids amande trié) *100/poids brute amande Le taux de production de tourteau de cajou est calculé selon la formule : % tourteau de cajou= (poids tourteau de cajou*100)/poids amande brute de cajou

Caractérisation de tourteau de cajou

Matériel biologique

Le matériel biologique était constitué de tourteau de coproduits de cajou produit à la ferme. Le choix est porté sur le tourteau coproduits de cajou en vu de sa valorisation en alimentation animale (poule pondeuse).L'échantillon a été conditionné dans des emballages plastiques en polyéthylène de couleur sombre pour empêcher l'absorption d'eau et l'oxydation des lipides en présence de la lumière. Par la suite, il a été transporté au Laboratoire pour effectuer les différentes analyses chimiques.

Méthodes de détermination de la composition chimique du tourteau de cajou

La détermination de l'humidité et de la matière sèche a été effectuée selon la méthode AOAC (1990). Cette méthode consiste à évaporer l'eau contenue dans les échantillons de tourteau de cajou par séchage dans une étuve ventilée à 105 °C jusqu'à masse constante. La détermination des matières grasses a été faite par extraction au Soxhlet selon la méthode AOAC (AOAC, 1999) en utilisant l'hexane comme solvant. La teneur en protéine des échantillons a été déterminée au Kjeldahl selon la méthode AOAC 979.09 (AOAC, 1999), qui consiste à minéraliser l'azote protéique en ammoniac pour le doser ensuite par acidimétrie. La teneur en fibres totales a été déterminée par la méthode décrite par Aubry (2012). Le résidu est filtré dans un creuset en verre fritté, rincé abondamment, séché, pesé, calciné à 500°C puis repesé. La différence de poids correspond à la fibre totale présente dans l'échantillon d'essai. La teneur en cendres a été déterminée selon la méthode AOAC 923.03 (AOAC, 1999) qui consiste à incinérer 5 g de l'échantillon au four à 550°C, pendant 4 heures. L'énergie métabolisable a été calculé par la formule de Sibbald (INRA 1989) : EM (kcal/kg) =3951 + 54,4 MG - 88,7 CB - 40,8 CE. La teneur des minéraux du tourteau a été déterminée après minéralisation de l'échantillon selon la méthode décrite par Houbert al (1980). Le profil et la quantité des acides aminés totaux a été déterminé par HPLC en phase inverse, en utilisant le système Pico-Tag décrit par Bindlingmeyer et al (1984). La séparation, l'identification et le dosage des vitamines lipo et hydrosolubles sont réalisés par HPLC en phase inverse sur support de microsilice greffée en

C18. Les vitamines hydrosolubles sont directement séparées tel que décrit par Pellerin *et al* (1980).

RESULTATS

Production du tourteau de cajou

Le Tableau 1 présente les proportions d'impureté contenues dans l'amande de cajou utilisée pour la production du tourteau de cajou. Dans 100±0,25kg d'amande de cajou prélevée, la portion de pellicule était de 2,17% contre 5,61% pour les autres impuretés. Pour 92,22±3,75 kg d'amande de cajou triée prélevée, la teneur en huile + eau obtenue était de 22,25±1,83kg soit 24,13%. Quant au tourteau de cajou produit, le taux de production du tourteau de cajou était estimé à 66,85±5,11kg soit 72,5%.

Composition physicochimique du tourteau de cajou

Le tourteau de cajou produit a une teneur en matière sèche de 89,12±0,82% de tourteaux, une matière grasse de 8,57±0,76%, une teneur en protéines brutes de 20,34±0,31 %, une teneur en cellulose brute de 5,28±0,14 % et une teneur en cendres brutes de 4,78±0,85 %. Quant à l'énergie métabolisable calculée, elle était de 3762,38±40,29Kcal/Kg de tourteau cajou (Tableau 2).

Tableau 1 Proportion de tourteau et impuretés de l'amande de cajou

	Triage des amandes brutes de cajou			Production tourteau de cajou		
	Amandes brutes	Pellicules	Autres impuretés	Amandes triées	Huile + Eau	Tourteau de cajou
Quantité (kg)	842	18,27	47,23	776,49	203,17	610,45
Proportion (%)	100 ± 0,25	2,17 ± 1,57	5,61 ± 1,18	92,22 ± 3,75	22,25 ± 1,83	66,85 ± 5,11

Compositions minéralogiques du tourteau de cajou

La composition en macro-minéraux (Calcium, Phosphore, Magnésium, Sodium, et Potassium) et microéléments minéraux (Cuivre, Manganèse, Zinc et Fer) de notre tourteau de cajou produit à la ferme est renseignée dans le Tableau 2.

Aminogramme du tourteau de cajou

Le profil des acides aminés du tourteau de cajou produit à la ferme est consigné dans (Tableau 2).

Compositions vitaminiques du tourteau de cajou

Le résultat de l'analyse vitaminique du tourteau de cajou produit à la ferme est consigné dans le Tableau 2. Les vitamines B1, B2 et C sont dosées dans le tourteau de cajou. La teneur en vitamine B1 de 4,88 ± 0,07 mg / 100 g de tourteaux, vitamine B2 de 1,63 ± 0,03 mg / 100 g de tourteaux et vitamine C de 0,09 ± 0,01 mg / 100 g de tourteaux.

DISCUSSION

Production de tourteau de cajou

La meilleure valorisation des coproduits en alimentation animale nécessite de mettre en place des actions de recherches scientifiques et techniques de façon à améliorer la connaissance de ces nouvelles ressources (Chapoutot *et al* 2018). Par valorisation, on entend toute transformation de résidus ou de sous-produits industriels alimentaires en vue de les réintroduire sur le marché à titre de nouveaux ingrédients ou comme nouveaux produits. L'agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) définit la valorisation comme "le ré-emploi, le recyclage ou toute autre action visant

à obtenir, à partir de déchets, des matériaux réutilisables ou de l'énergie".

La valorisation des déchets industriels collectés auprès des entreprises impliquées dans la transformation de la noix brute de cajou en produits semi-finis ou finis se résume en huit (8) grandes étapes.

Collecte de la matière première

La matière première utilisée pour la production de tourteau de cajou est l'amande de cajou. Dans le cadre de cette étude, la matière première est composée de déchets industriels (amandes impropres à la consommation humaine et poudre de cajou). Les amandes impropres à la consommation humaine sont des amandes ayant un ou plusieurs défauts visuels (présences d'insectes, amandes trop petites, amandes immatures...). Sur la base de la taille des noix, il existe six classes de tailles différentes permettant une description significative de la caractéristique de la noix de cajou. Le poids des noix est significativement en corrélation avec la taille, dont six tailles différentes classées de jumbo la taille, dont six tailles différentes classées de jumbo (> 16 g), extra large (12-15 g), grande (8-11 g), moyenne (6-7 g), petite (2-5 g) et madras (≤ 2 g) (Adeigbe *et al.*, 2015).

Tableau 2 Composition physico-chimique, en minéraux, acides aminés et vitamines du tourteau de cajou

Tourteau de cajou		
	Paramètres	Teneur
Composition physico-chimique	Matière sèche (g/100g)	89,12±0,82
	Matière grasse (g/100g)	8,57±0,76
	Protéines brutes (g/100g)	20,34±0,31
	Cellulose brute (g/100g)	5,28±0,14
	Cendres brutes (g/100g)	4,78±0,85
	EM (Kcal/100g)	3762,38±40,29
Macro-éléments	Calcium (mg/100g de MS)	0,04±0,01
	Phosphore (mg/100g de MS)	0,14±0,01
	Magnésium (mg/100g de MS)	0,14±0,01
	Sodium (mg/100g de MS)	9,02±0,14
	Potassium (mg/100g de MS)	0,04±0,01
	Cuivre (mg/100g de MS)	0,07±0,01
Micro-éléments	Manganèse (mg/100g de MS)	0,33±0,03
	Fer (mg/100g de MS)	0,01±0,00
	Zinc (mg/100g de MS)	0,61±0,03
	Méthionine (g/100g de protéines)	0,30±0,01
Aminogramme	Lysine (g/100g de protéines)	6,10±0,06
	Tryptophane (g/100g de protéines)	1,68±0,01
	Leucine (g/100g de protéines)	2,06±0,01
	Valine (g/100g de protéines)	1,45±0,02
	Arginine (g/100g de protéines)	1,26±0,06
	Tyrosine (g/100g de protéines)	1,51±0,01
Vitamines	Alanine (g/100g de protéines)	0,92±0,01
	Vit B1 (mg/100g de provendes)	4,88±0,07
	Vit B2 (mg/100g de provendes)	1,63±0,03
	Vit C (mg/100g de provendes)	0,09±0,01

Le taux de défaut mesure la quantité de noix de l'échantillon présentant un défaut: noix immatures et piquées de la catégorie bleue + noix rabougries, noix vides, noix mitées, noix moisies, noix beurrées de la catégorie rouge. Pour le

mesurer, on pèse les noix de ces deux catégories. En général, un lot ayant un taux de défaut supérieur à 24 % est rejeté. Son calcul est plus rapide et permet de donner une première idée de la qualité du lot (ICA, 2015). Les noix refusées par les industriels sur le marché international constituent des déchets qui peuvent être valorisés. Quant à la poudre, elle est obtenue au cours du processus de transformation des amandes en produits semi-finis ou finis. Le traitement industriel de la noix de cajou tend vers une mécanisation complète de la ligne de production. Cependant, des difficultés importantes se présentent, liées à la disparité de la taille des noix et à la nature cassante des amandes (Lautié *et al.*, 2001). Le classement indo-africain précise les codes WW180, WW210, WW240, WW320, WW400, WW450 et WW500 pour lesquels le chiffre indique le nombre d'amandes dans une livre (indication de taille). Le classement brésilien ne spécifie, quant à lui, que trois catégories de tailles : SLW1 (de 160 à 180 amandes par livre), LW1 (de 180 à 210 amandes par livre) et W1 (pour les amandes plus petites). L'humidité maximale tolérée est de 5 % (Rongead, 2011). Toutes amandes ne respectant pas ces normes sont rejetées d'où la nécessité de valoriser ces déchets industriels.

Triage des amandes de cajou

Le triage a consisté à sélectionner des déchets industriels ceux réutilisables. Ainsi, un premier tri a permis de séparer les corps étrangers des amandes de cajou. Et un second tri qui a permis à séparer des amandes les pellicules. Le tri a pour objectif de produire un tourteau de meilleure qualité. Ainsi, la quantité de pellicules contenues dans notre amande de cajou était de $2,17 \pm 1,57$ kg soit 2,17% plus faible comparativement à celle des autres impuretés qui est de $5,61 \pm 2,71$ kg soit 5,61%. En somme le tri des déchets industriels a permis de valoriser pour $100 \pm 0,25$ kg de déchets industriels collectés des entreprises de transformation de noix brute de cajou à Abidjan (Côte d'Ivoire), $92,22 \pm 3,75$ kg qui correspond à un taux de valorisation de 92,22%. Les résultats sont inférieurs à ceux de Hervé & Tiphaine., (2013). Ces auteurs évaluent à 99% le taux de valorisation des coproduits de la filière « fruits et légumes » de leurs études Valorisation des coproduits d'industries agroalimentaires bretonnes. La valorisation des co-produits de l'industrie cajou permet de rejeter un taux relativement faible de déchets (7 – 8 %) à faible valeur biologique en alimentation animale (poules pondeuses).

Pressage de la poudre hydratée

Les tourteaux sont les résidus solides de l'extraction de l'huile des graines ou des fruits oléagineux. Ce sont les coproduits de la trituration, procédé de fabrication de l'huile. Pour $92,22 \pm 3,75$ kg d'amande triées de cajou prélevée, nous avons extrait $22,25 \pm 1,83$ kg d'un mélange huile + eau. Ce qui correspond à un taux d'extraction de 24,13% d'un mélange huile + eau. Aussi le résultat est confirmé par Anonyme., 2014, qui fixe le rendement de l'huile à 25%. Notre méthode d'extraction d'huile de cajou est similaire à celle utilisée par Silué *et al* en 2020 qui ont utilisé la machine à presse au cours de leurs expériences. La particularité des tourteaux est la richesse en protéine.

Concassage des blocs de tourteau de cajou

Le concassage est l'action de réduire une particule solide en petit fragment. Dans notre cas le concassage des blocs de tourteau de cajou s'est fait manuellement à chaud afin d'éviter

le durcissement des blocs rendant l'utilisation quasi impossible ou demandant des efforts supplémentaires. Notre méthode est similaire à celle utilisée par Silué *et al* en 2020 lors de leurs expérimentations. L'intérêt du concassage réside dans la granulométrie du tourteau de cajou. Selon INRA (2000), les volailles préfèrent et mangent plus vite les particules dont la taille facilite la préhension par un bec de dimensions variables. La définition même des mesures physiques effectuées sur les aliments pour mesurer leur texture et leurs effets sur les volailles requiert une nouvelle évaluation comme celle entamée en Israël (Niret *al.*, 1994a, 1994b et 1995). Une particule alimentaire peut se définir par sa taille, sa forme, sa ou ses couleur(s), sa dureté, sa densité, son élasticité, sa rugosité... (INRA., 2000). Notre tourteau de cajou est destiné à nourrir des poulettes et poules pondeuses. De ce fait, la variation de la granulométrie est d'une importance capitale afin de permettre à tous les oiseaux d'augmenter l'indice de consommation facteur de bonne croissance.

Séchage du tourteau

Le séchage est une technique de préservation des produits alimentaire, qui intervient dans un grand nombre de procédés de fabrication. Dans le cadre de cette étude, le séchoir est solaire. Sur une bâche noire propre, est étalé le tourteau de cajou préalablement concassé pendant 12 heures au soleil. Le séchage est l'une des plus anciennes techniques de conservation des aliments. Le séchage est ainsi défini comme une réduction de l'humidité de la matière alimentaire pour en augmenter la concentration solide réduisant ainsi les possibilités de dégradation de diverses origines (microbienne, enzymatique, oxydation de lipides, réactions chimiques...), tout en préservant autant que possible les caractéristiques physiques et chimiques (Albitar, 2010). Au vu des nombreux travaux qui y sont consacrés, cette technique occupe jusqu'à présent une place très importante dans les opérations de traitement des aliments dans les industries agro-alimentaires. C'est une opération qui consiste selon Menon *et al* (1987) à évaporer sous l'action de la température les composés volatils, pour obtenir un produit solide. Dans la plupart des études de séchage des produits alimentaires, les substances volatiles sont assimilées exclusivement à l'eau. La fraction volatile constituée des autres composés est négligée. Bon nombre d'auteurs (Babalise *et al.*, 2004 ; Neményi *et al.*, 2000) mettent l'accent sur l'extraction de l'eau des aliments dans le but d'assurer leur stabilité biologique lors du stockage. Il se fait également pour des raisons technologiques et économiques. En effet, la séparation des constituants d'un produit reste difficilement réalisable lorsque celui-ci est trop humide. Le séchage apparaît donc nécessaire. Par ailleurs, le coût du transport est lié au poids. Ce poids peut être réduit en enlevant le poids de l'eau grâce au séchage. Le produit sec obtenu a le plus souvent une valeur marchande plus élevée que celle du produit humide. L'amélioration du stockage passe nécessairement par l'amélioration du séchage (Bhalla, 1986).

Tourteau de cajou

Les tourteaux sont les sous-produits solides obtenus après extraction de l'huile des graines des oléagineux. Sous-produits de la trituration, industrie de fabrication de l'huile, ils représentent généralement de 50 à 75 % de la masse des graines. Ils sont utilisés en alimentation animale. Le tourteau de cajou produit a une couleur maronne. Le taux de production du tourteau de cajou est estimé à 72,5%. Ce résultat corrobore

celui de la définition de tourteau qui fixe la quantité de tourteau entre 50 - 75 % (dictionnaire environnement). Les tourteaux sont utilisés en alimentation animale. Ils constituent la deuxième classe d'aliments la plus importante après les céréales. Principale source de protéines en alimentation animale, ils contiennent également de la cellulose, qui n'est digestive que par les ruminants.

Caractéristiques biochimiques

L'utilisation des productions agricoles par l'industrie agroalimentaire amène dans la majorité des situations à séparer les fractions de réserve (amidon, lipides) utilisées en alimentation humaine ou dans d'autres voies, et conduit à enrichir les coproduits dans les autres fractions de la matière organique (protéines et parois) et parfois en minéraux (INRA, 2018). La bonne valorisation des coproduits en alimentation animale nécessite donc une caractérisation précise de leur composition chimique globale, mais aussi une meilleure connaissance de la qualité de ces parois et de ces protéines permettant ainsi de définir les meilleures voies de la valorisation animale. Dans cette même optique, l'échantillon de tourteau de cajou est soumis aux différentes analyses chimiques en vue de sa valorisation en provende de poulettes et poules pondeuses ISA Brown. Ainsi, la matière sèche du tourteau de cajou a été déterminée. Le résultat d'analyse affiche $89,12 \pm 0,82\%$. Cette valeur est inférieure aux $90,80\%$ trouvées par Kouakou *et al* (2018) dans la même matrice utilisée lors de leurs expérimentations. Comparer à certaines matières premières protéiques végétales utilisées en alimentation animale, le tourteau de cajou a une matière sèche supérieure à celle des tourteaux de soja ($87,8\%$) et celui de colza ($88,7\%$) (Sauvant *et al.*, 2004) lors de leurs études sur la composition et valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage. Mais, elle se rapproche de celle du tourteau de soja (89%) (Nir, 2003) au cours de son étude. Toutefois, elle est inférieure au 91% dans le tourteau de coton (Larbiere & Leclercq., 1992) pendant leurs études. La teneur élevée de la matière sèche serait due à l'efficacité de la technique de production du tourteau de cajou puisqu'au cours du processus de production du tourteau de cajou, le pressage et le séchage ont permis d'éliminer le maximum d'eau contenue dans la matrice. Ce qui traduirait sa richesse en éléments nutritifs tels que, les protéines, les lipides, les glucides et les sels minéraux indispensables pour le bien-être des animaux d'élevage. Le taux élevé de la matière sèche est bénéfique pendant la conservation puisqu'il permet de stabiliser le produit.

La matière grasse ou le corps gras est une huile et des graisses d'origines végétale et animale, y compris les micro-organismes, désignant toute molécule aux propriétés hydrophobes, insolubles ou très peu solubles dans l'eau. La teneur en matière grasse du tourteau de cajou est de $8,57 \pm 0,76\%$. Cette valeur est inférieure à celle obtenue par Aremuet *et al* (2006) dans le tourteau de cajou ($36,7\%$) lors de leurs expérimentations. Toutefois cette valeur est supérieure à celles obtenues dans le tourteau de soja ($1,06\%$) et la férovole ($1,50\%$) (Bougon, 1974) lors de ses études. Aussi, la teneur en matière grasse du tourteau de cajou est supérieure à celle dans les tourteaux de soja ($2,2\%$), de colza ($2,6\%$), de tournesol ($1,8\%$) de lin ($3,4\%$) (Poncet *et al.*, 2003) de leurs études la composition chimique et valeur alimentaire des oléo protéagineux. Au même moment, elle est proche de celle dans la farine de poisson ($9 \pm 0,17\%$) (Inoussa *et al.*, 2020) et dans

la graine de *Heritiera littoralis* ($8,30\%$) (Gaydouet *et al.*, 1993). La forte teneur en matière grasse du tourteau de cajou peut s'expliquer par le procédé d'extraction de l'huile de cajou. Le procédé est techniquement complexe et ses effets sont parfois aléatoires, car l'échauffement dépend de nombreux paramètres parfois difficiles à maîtriser et à optimiser. Les graines riches en huile ne s'échauffent pas suffisamment et doivent être associées à une céréale ou une légumineuse riche en amidon (Melcion, 1987) ou à des matières premières absorbantes comme le son. Le traitement peut être précédé d'une étape de cuisson. Toutefois, la forte teneur en matière grasse serait bénéfique pour les animaux d'élevage puisqu'un gramme (1g) lipide augmente l'énergie du tourteau de cajou de 9 kcal .

La protéine brute du tourteau de cajou est de $20,34 \pm 0,31\%$. Cette valeur est inférieure aux $25,75\%$ trouvée par Silué *et al* (2020) dans le tourteau de cajou utilisé lors de leurs expérimentations sur les poules pondeuses. Cette teneur de la protéine du tourteau de cajou est aussi inférieure aux $21,90\%$ rapportée par Oyewusi *et al* (2007) dans le tourteau d'hévéa utilisé pendant leurs études. La faible teneur en protéine du tourteau de cajou analysé par rapport à celles des auteurs pré-cités peut s'expliquer par la technique d'extraction de l'huile de cajou appliquée. En effet, l'extrusion de l'amande de cajou peut dégrader les structures secondaires des protéines et entraîner une dénaturation de celle-ci. Le traitement thermique de la protéine peut engendrer de profonde modification dans la structure de la protéine, le traitement par la chaleur supérieure à 100°C peut provoquer des réactions de désamination. Aussi, la pression exercée lors de l'extraction de l'huile de cajou peut dénaturer les protéines dès que la pression est supérieure à 50 kPa . La teneur en protéine du tourteau de cajou est inférieure à celle du tourteau de soja ($51,60\%$) (INRA, 2010), du tourteau de coprah ($23,63\%$) (Zongo *et al.*, 1993) et du tourteau de coton (45%) (Watkins *et al.*, 2002) obtenue lors de leurs études. Cette faible teneur en protéine du tourteau de cajou serait un facteur limitant son utilisation comme principale source de protéines végétales pour certains animaux d'élevages. Par contre, le tourteau de cajou sera bénéfique pour les volailles (poules pondeuses) du fait de leur besoin en protéines relativement faible (moins de 20%). Le profil d'acides aminés de la protéine du tourteau de cajou est composé de huit (8) acides aminés. La teneur en lysine ($6,10\%$), tryptophane ($1,68\%$) et tyrosine ($1,51\%$) du tourteau de cajou sont supérieures à celles des tourteaux de canola lysine ($2,00\%$), tryptophane ($0,48\%$) et tyrosine ($1,16\%$) (Newkirk, 2009) et de soja lysine ($2,90\%$) et tryptophane ($0,74\%$) excepté la tyrosine ($1,95\%$) (Britzman, 1994) de ses études: digestibilité des indices protéiques dans les régimes des volailles. Aussi, les teneurs en lysine, tryptophane du tourteau de cajou sont supérieures à ceux des tourteaux de lin lysine ($3,57\%$), tryptophane ($1,59\%$), camiline lysine ($4,76\%$), tryptophane ($1,27\%$) et de courge lysine ($3,66\%$) et tryptophane ($1,33\%$) (Annelies, 2019) de son étude : oléagineux comme alternatives aux protéines importées. La lysine, la méthionine et le tryptophane sont des acides aminés essentiels limitants pour les volailles. Les volailles ne pouvant pas synthétiser ces acides aminés, la valorisation du tourteau de cajou est d'une grande importance puisqu'il permettra à l'aliment de fournir aux poules des acides aminés essentiels limitants pour la survie des animaux. De plus, le maïs étant pauvre en protéines ($7\text{ à }12\% \text{ MS}$) avec un profil d'acides aminés très

déséquilibré: déficience en lysine et en tryptophane (Vias, 1995), une ration à base de maïs et de tourteau de cajou permettra non seulement d'équilibrer le taux de protéine aussi de corriger le déficit en lysine et tryptophane de cet aliment.

La teneur en fibres totales du tourteau de cajou est de l'ordre de $5,28 \pm 0,14\%$. Cette valeur est inférieure à celle trouvée par Kouakou *et al* 2018 qui est de $6,30\%$. Également inférieure à celles de certains tourteaux tel que celui du soja 7% (Bougon, 1974), du coton $11,00\%$ (Henry *et al.*, 2001) et de lin ($9,30\%$) (Laura *et al.*, 2008) de leurs études sur la composition chimique du tourteau de lin. Cette faible teneur en fibres totales serait bénéfique pour les monogastriques surtout les volailles du fait de leurs incapacités de digérer les fibres. Les matières premières à faible teneur en fibres sont d'un grand avantage pour celles-ci. Ainsi, les aliments pauvres en fibres permettent aux monogastriques d'assimiler le maximum d'éléments nutritifs assimilables, nécessaires pour exprimer leur potentiel génétique.

Les cendres représentent l'ensemble des minéraux contenus dans l'échantillon. La teneur en cendres du tourteau de cajou est de $4,78 \pm 0,85\%$. Ce taux est comparable à ceux des tourteaux de palmiste ($4,20\%$) (Toléba *et al.*, 2009) lors de leurs études sur la composition chimique des tourteaux de palmiste et d'arachide ($4,38\%$) (Ponka *et al.*, 2016) pendant leurs expérimentations. Ce taux est supérieur à celui obtenu par Lautié *et al.*, (2001) dans l'amande de cajou qui est de $3,40\%$. Comparé à d'autres matrices au Burkina Fasso, le tourteau de soja ($6,36 \pm 0,20\%$), le tourteau de coton ($7,08 \pm 0,20\%$) (Inoussa *et al.*, 2020), la farine de poisson ($17,17\%$) (Bastianelli *et al.*, 2009) dans les farines de poisson en France, le tourteau de cajou a un faible taux de cendres. Il est également inférieur aux 5% trouvés par Debruyne (2001) dans le tourteau de soja aux USA. Ce faible taux de cendre du tourteau de cajou traduit une faible teneur en sels minéraux. Les sels minéraux sont des éléments indispensables au bon fonctionnement de l'organisme et à la croissance des volailles. L'énergie métabolisable (EM) correspond à la différence entre l'énergie ingérée (énergie brute) et l'énergie qu'on retrouve dans les excréments. Dans le tourteau de cajou produit, cette énergie est de $3762,38 \pm 40,29$ Kcal/kg de MS. Cette énergie métabolisable est inférieure à celle dans le tourteau de cajou (4883 à 5516 kcal/kg de MS) (Lacroix, 2003 ; Kouakou *et al.*, 2018) au cours de leurs études. Cette disparité de l'énergie métabolisable du tourteau de cajou peut s'expliquer par la technique d'extraction de l'huile de cajou. En effet, le procédé de trituration utilisé pour récupérer l'huile a un impact sur l'énergie brute contenue dans le tourteau puisque la teneur en lipides, protéines et constituants des parois végétales peut considérablement changer (Lessire, 2009). L'énergie métabolisable du tourteau de cajou est supérieure à celle du tourteau de soja (2440 Kcal / kg MS) (Nir, 2003), du tourteau de coton (2110 Kcal/kg de MS) (Larbier & Leclercq., 1992). La teneur élevée d'énergie métabolisable du tourteau de cajou sera bénéfique pour les animaux d'élevage notamment les volailles puisque, l'aliment destiné aux poules pondeuses doit contenir une énergie métabolisable de 2750 Kcal / Kg de MS conformément au besoin des poules pondeuses.

La teneur en calcium (Ca) du tourteau de cajou est de $0,04 \pm 0,01$ mg / 100g de MS. Cette teneur est inférieure à celle du tourteau de coton ($0,1$ mg / 100 g de MS) (Shekar-Reddy *et al.*, 1998) lors de leurs études, du tourteau d'arachide ($0,18$ mg / 100 g de MS) (Anselme, 1987) pendant ces travaux sur la

composition en calcium et en phosphore de quelques matières premières disponibles au Sénégal, la coquille d'huitre ($38-39$ mg / 100 g de MS) (Larbier & Leclercq., 1992). Mais la teneur en calcium du tourteau de cajou est supérieure à celles dosées dans le maïs jaune ($0,01 \pm 0,0$ mg / 100 g de MS) et le maïs blanc ($0,01 \pm 0,00$ mg / 100 g de MS) (Inoussa *et al.*, 2020) de leurs études. La faible teneur en calcium du tourteau de cajou peut s'expliquer par la faible teneur en cendres du tourteau de cajou. De ce fait, la valorisation du tourteau de cajou en nutrition animale notamment élevage de poules pondeuses sera bénéfique pour ce secteur de la production animale. Mais un régime à base de tourteau de cajou et du maïs se veut d'être complétement avec une matière première riche en calcium afin de corriger le déficit en ce minéral. Le calcium est un des constituants essentiels du tissu osseux (Blum, 1989). La teneur en phosphore (P) du tourteau de cajou est de $0,14 \pm 0,01\%$. Elle est inférieure à la valeur $0,7\%$ trouvée par Panigrahi *et al.*, (1989) dans le tourteau de coton. Cette teneur en phosphore du tourteau de cajou est également inférieure à celle des tourteaux de sésame ($1,37\%$) (Nir, 2003), d'arachide artisanal ($0,59\%$) (Liorca, 1995). Bien que les teneurs en calcium et en phosphore du tourteau de cajou soient relativement faibles, la valorisation du tourteau de cajou en alimentation animale permettra non seulement de diversifier les sources de ces minéraux mais aussi de diminuer les quantités résiduelles de compléments minéraux dans une ration à base de maïs et du tourteau de cajou.

Une vitamine est une substance organique, nécessaire en quantité mineure au métabolisme d'un organisme vivant, qui ne peut être synthétisée en quantité suffisante par cet organisme. La teneur en vitamine B1 du tourteau de cajou est de $4,88 \pm 0,07$ mg / 100 g de tourteau. Cette teneur est inférieure à celle de la levure (10 mg / 100 g). Toutefois, elle est supérieure à celle de la graine de tournesol ($1,9$ mg / 100 g), des haricots verts cuits ($0,06$ mg / 100 mg) et de l'œuf dur ($0,07$ mg / 100 mg) (Favier *et al.*, 1995). La vitamine B1, ou thiamine, est une vitamine hydrosoluble d'origine alimentaire uniquement. Elle intervient comme cofacteur de réactions métaboliques et est impliquée dans les phénomènes de neurotransmission. La valorisation du tourteau de cajou en alimentation animale (volaille) permettra non seulement de lutter contre le développement de maladies carenciales, mais aussi, d'améliorer la production. Puisque la vitamine B1 influence le métabolisme des glucides, favorise le développement corporel des volailles, influence favorablement les systèmes digestif et nerveux, écarte les infections bactériennes intestinales des poules, favorise la production d'œufs et leur éclosion. La teneur en vitamine B2 du tourteau de cajou est de $1,63 \pm 0,03$ mg / 100 g de tourteau. Cette teneur est inférieure à 3 mg / 100 g dans le rognon de bœuf cuit, $4,3$ mg / 100 g dans le foie de volaille cuit. Mais, elle est proche de celle du foie de veau cuit $1,7$ mg / 100 g (ANSES, 2020). Cette teneur est également supérieure à celui de l'haché végétal à base de soja ($0,04$ mg / 100 g) (ANSES, 2020) de leurs études. Table de composition nutritionnelle des aliments, Ciqua, arachide ($0,11$ mg / 100 g) (ANSES, 2008) de leurs études. tableau de composition nutritionnelle Ciqua. La vitamine B2, ou riboflavine, joue un rôle dans la chaîne respiratoire des cellules et dans le catabolisme des acides gras (Philippe, 2021). Les métabolites actifs de la riboflavine, comme le FMN (flavine mononucléotide) et le FAD (flavine adénine dinucléotide) agissent comme intermédiaires dans le transfert d'électrons dans les réactions de la chaîne respiratoire

menant à la génération de l'énergie. Ils agissent également comme co-enzymes dans les réactions menant au catabolisme des acides gras et à l'utilisation métabolique (catabolisme et transamination) des acides aminés (Le Grusse & Watier, 1993). Ainsi, la valorisation du tourteau de cajou en alimentation animale (poules pondeuses) va permettre au secteur de la nutrition animale d'améliorer la productivité. Aussi, de lutter contre certaines maladies causées par le manque de vitamines. Le tourteau de cajou est source importante de vitamines B1 et B2. La vitamine C contenue dans le tourteau de cajou est de $0,09 \pm 0,01$ mg / 100 g. Cette teneur est inférieure à celle contenue dans la pomme de cajou qui est de 200 à 300 mg (Lautié et al., 2001). Cette teneur est inférieure à celle du Kiwi (82 mg / 100 g) (ANSES, 2020) de leurs études données Ciqual. Le faible taux peut être expliqué par la sensibilité de la vitamine C à la chaleur. La vitamine C, encore appelée acide ascorbique, est une vitamine hydrosoluble, sensible à la chaleur, aux ultraviolets et à l'oxygène (Fain, 2013 ; Duron-Bourzeix, 2014). La technique de production du tourteau de cajou incombe une phase de cuisson qui pourrait avoir des conséquences sur la totalité de la vitamine C contenue dans l'amande de cajou. La vitamine C est probablement la vitamine dont les pertes à la cuisson ont été le plus étudiées. Les facteurs les plus impliqués dans sa dégradation sont la chaleur et l'oxydation (Frédéric & Tessier., 2012). La vitamine C est un puissant anti-oxydant. Elle stimule la synthèse et l'entretien du collagène et de certains neurotransmetteurs comme la noradrénaline. Elle est nécessaire aux défenses anti-infectieuses. Elle favorise l'absorption du fer. Elle réduit les réactions allergiques en diminuant le taux d'histamine sanguin. Elle réduit la nocivité des métaux toxiques (le plomb, le nickel, le cadmium) en favorisant leur élimination. De ce fait, l'incorporation du tourteau de cajou en alimentation animale va permettre d'améliorer la productivité et de lutter contre le stress des animaux.

CONCLUSION

La meilleure valorisation des coproduits en alimentation animale nécessite de mettre en place des actions de recherches scientifiques et techniques de façon à améliorer la connaissance de ces nouvelles ressources. Le tourteau de cajou produit est riche en éléments nutritifs (protéines, matière grasse, énergie métabolisable, vitamines et acides aminés) et en éléments minéraux (macro-éléments et oligo-éléments). Ces éléments nutritifs font de ce tourteau une excellente matière première valorisable en alimentation animale. Ainsi, il pourra permettre au secteur de la production animale, la diversification des matières premières protéiques. Il pourra permettre à la Côte d'Ivoire d'être sur la voie de l'autonomisation en termes de matières premières protéiques longtemps importées. Ce travail se veut d'être poursuivi en vue de la valorisation du tourteau des coproduits de cajou par son incorporation dans des provendes destinées à nourrir des poules pondeuses afin de connaître la limite d'incorporation.

References

1. Abderahim A., 2019. Réduction de la mycotoxicité dans l'agriculture malienne à partir de l'utilisation de biochar obtenu des sous-produits de la filière cajou. Sciences et techniques de l'agriculture. Université Montpellier. Français. 172p. Adeigbe OO, Olasupo FO, Adewale BD,

- Muyiwa A A, 2015. A review of cashew research and production in Nigeria in the last four decades. Science Research Essays, 10(5): 196-209. DOI: 10.5897/SRE2014.5953.
- Annelies B, 2019. Les oléagineux comme alternatives aux protéines importées. Recherche agronomique Suisse 10(7-8) : 268 – 275.
2. Anonyme., 2014 : Huile de noix de cajou ou huile d'anacarde. <http://huile.com/huile-noix-de-cajou-vierge/>, 12/05/2013
3. Anselme B, 1987. Aliment composé pour volailles au Sénégal: situation actuelle, contribution à son amélioration par une meilleure valorisation des ressources nutritionnelles locales. Thèse : Méd. Vet : Toulouse : n° 103.
4. ANSES, 2020. Table de composition nutritionnelle des aliments, Ciqual. <https://ciqual.anses.fr/#/aliments/7711/pain-au-lait-premballe>
5. ANSES (2008). Table de composition nutritionnelle des aliments, Ciqual.
6. AOAC, 1999. Official Methods of Analysis Chemists. Washington D.C. 808-1113
7. A.O.A.C, 1990. Official Methods of Analysis. 15th Edition, Association of Official Analytical Chemist, Washington DC, Etats Unis, pp 200-210.
8. Albitar. N., 2010. Etude comparative des procédés de s'échanges couplés à la texturation par Détente Instantanée Contrôlée DIC, en termes de cinétique et de qualité nutritionnelle. Applications à la valorisation des déchets agro-industriels. THÈSE pour obtenir le grade de Docteur de l'université de la rochelle.
9. Aremu M.O., Olonisakin A., Bako D.A. & Madu P.C., 2006. Compositional studies and physicochemical characteristics of cashew nut (*Anacardium occidentale*) flour. Pakistan journal of Nutrition, 5(4) : 328-333.
10. Aubry IM, 2012. Détermination de la teneur en cellulose brute dans les aliments pour animaux version date d'application. In Agence fédérale pour la Sécurité de la Chaîne alimentaire (Vol. 7, pp. 1–8).
11. Babalis. S. J., et Belessiotis. V.G., 2004. Influence of drying conditions on the drying constants and moisture diffusivity during the thin-layer drying of figs. Journal of Food Engineering, Elsevier, 65, 449-458.
12. Bastianelli D. C., Fermet Q. E., Hervouet C., Domenech S., Bonnal L. et Friot D., 2005. Qualité des aliments pour volailles en Afrique de l'Est. Intérêt de la spectroscopie dans le proche infrarouge (SPIR) pour l'estimation de leur composition. Sixièmes journées de la recherche Avicole. 4p.
13. Bhalla. A. S., 1986. Le stockage du grain, Copyright © Organisation internationale du Travail
14. Bindlingmeyer BA, Cohen SA, Tarvin TL, 1984. Rapid analysis of amino acids using precolumnderivatization. In J. Chomatogr. 336
15. Blum, J. C. 1989. L'alimentation des animaux monogastriques porc lapin volailles. (Institut National de la Recherche Agronomique).
16. Bougon M, 1974. Influence de la substitution du tourteau de Soja par de la féverole sur les performances des pondeuses. Bull St. Exp. Aviculture Ploufragan 14 p.102-106
17. Britzman D., 1994. On refusing explication: A nonnarrativenarrativity. Paper presented at the annual

- meeting of the American Educational Research Association. New Orleans, LA, 248 p.
18. Chapoutot P. Rouillé B. Sauvant D. Renaut B., 2018. Les coproduits de l'industrie agro-alimentaire : des ressources alimentaires de qualité à ne pas négliger. Vol. 31 N°3 : Dossier : Ressources alimentaires pour les animaux d'élevage 201-220.
19. Coulibaly A, 2017. Réforme de la filière cajou en Côte d'Ivoire motivation, contenu et résultats. a.coulibaly@conseilconseilcotonanacarde.cikatienet33@yahoo.fr
20. Debruyne I., 2001. Soja: Transformation et aspects industriels. Techniques de l'ingénieur, F6030, 12p.
21. Ducroquet, H., Tillie, P., Louhichi, K. et Gomez-Y-Paloma, S. 2017. L'agriculture de la Côte d'Ivoire à la loupe état des lieux des filières de production végétales et animales et revue des politiques agricoles. Duron-Bourzeix L, 2014. Le déficit en vitamine C des sujets âgés en institution : signes et facteurs de risque: étude en Unité de Soins Longue Durée (USLD) Bordeaux: Université de Bordeaux; 2014. <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01096534/document>
22. Fain O, 2013. Carence en vitamine C et scorbut. *mt;19(3):179-88.*
23. Favier JC, Ireland Ripert J, Toque C., 1995. Répertoire général des aliments. Table de composition. Paris : Tec & Doc Lavoisier.
24. FIRCA, 2018. La Filière du Progrès 56 p. Frédéric J & Tessier., 2012. Effet de la cuisson des aliments sur les pertes en vitamines. Correspondances en Métabolismes Hormones Diabète et Nutrition - Vol. XVI - nos 5-6 -Gaydou E.M., Ramanoelina, Rasoarahona, Combres, 1993. Fatty acid composition of Sterculia seeds and oil. In Journal of agricultural and food chemistry. Vol n°41. p 64 – 66
25. Henry M.H., Pestig.M., Bakalli R., Lee J., Toledo R.T., Eitenmiller R.R., Phillips R.D. 2001. The performance of Broiler chicks fed diets containing extruded cottonseed meal with Lysine. *Poult. Sci.*, 2001, 80, 762–768.
26. Hervé R & Tiphaine D., 2013. Valorisation des coproduits d'industries agroalimentaires bretonnes. Rapport d'études. Chambre d'agriculture de Bretagne, 8p.
27. Houba VJ, Walinga I, Van der Lee JJ, Van Vark W, 1980. Plant analysis procedure (part 7, chapter 2. 3). Wageningen, The Netherlands. Department of Soil Sciences and plant Analysis.
28. INRA, 2018. INRA Feeding system for ruminants. Academic Publishers, Wageningen, the Netherlands, 640pp.
29. INRA., 2010. Génétique de la qualité de l'œuf. 10p
30. INRA., 2000. Caractéristiques granulométriques de l'aliment : le «point de vue» (et de toucher) des volailles. 14p.
31. INRA, 1989. L'alimentation des animaux monogastriques: porc, lapin, volailles. INRA, 2^{ème} éd. Paris, 282p.
32. Inoussa K.Y. Charles P, Marius K.S. Bréhima D, Mamoudou H.D., 2020. Caractéristiques physicochimiques de quelques matières premières utilisées dans la formulation des aliments pour volaille au Burkina Faso. 8p. *J. Appl. Biosci.*
33. Jeske v. S et Dieu-donné K, 2018. Capitalisation des expériences et acquis de la Côte d'Ivoire en matière de politiques publiques, de structuration et de gestion de la filière anacarde. www.ecdpm.org/dp/234
34. Kouakou N'G.D.V., Angbo-Kouakou C.E.M., Koné G.A., Kouame K.B., Yéboué F. de P., Kouba M., 2018. Enhancement of rubber kernel and cashew nut cakes in the diet of postweaning and growing pigs. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 71 (1-2) : 81-85, doi: 10.19182/remvt.31256
35. Larbier M. et Leclercq B., 1992. Nutrition et alimentation des volailles. INRA, Paris, 349 p.
36. Laura E, Pam K, John P, Pascal L, Prairie swine centre INC, 2105-8 th Street East, Saskatoon, Saskatchewan, S7H 5N9, 2008. Valeur alimentaire du tourteau de lin et ses effets sur la croissance des porcs et la composition de leur carcasse. *Journées Recherche Porcine*, 40, 197-202.
37. Lautié E. Dornier. M, De Souza Filho. M, Reynes. M, 2001. « Les produits de l'anacardier : caractéristiques, voies de valorisation et marchés. » *Ensia-Siarc.* Le Grusse J., Watier B., 1993.
38. Les vitamines. Données biochimiques, nutritionnelles et liniques. Centre d'Études et d'Information sur les Vitamines. Produits Roche, Neuilly sur Seine, France. Lessire. M, Hallouis. J.M, Quinsac. A, Peyronnet. C&Bouvaré. I, 2009. Valeurs énergétique et azotée des nouveaux tourteaux de colza obtenus par pressage ; comparaison entre coq et poulet. In 8èmes Journées de la Recherche Avicole 249–253 (Journées de la Recherche Avicole, 2009).
39. Liorca A., 1995. Les issues du riz, les sons de mil et de maïs, les tourteaux d'arachides et les farines de poissons du SENEAL. Mémoire de stage, DESS productions animales en régions chaudes. IEMVT, INA - PO, ENVA, 57.
40. Melcion J.P. (1987) : "Oléo-protéagineux et cuisson extrusion", Les colloques de l'INRA, "Cuisson-extrusion", Ed. INRA, Paris, pp. 235-248.
41. Menon. A.S., & Munjunda. A.S. 1987., Drying of solids: Principles, classification and selection of dryers. In *Handbook of industrial drying*, New York 3-46pp.
42. Newkirk, R. 2009. Canola meal : Feed industry guide, 4th Edition, page web: http://www.canolacouncil.org/uploads/feedguide/Canola_Guide_ENGLISH_2009_small.pdf
43. Nir, 2003. Cours international sur la production avicole intensive. Alimentation et nutrition des volailles, 124 p.
44. Nir I., Shefet G., Aaroni Y., 1994a. Effect of particle size on performance. 1. Corn. *Poult. Sci.*, 73, 45-49.
45. Nir I., Hillel R., Shefet G., Nitsan Z., 1994b. Effect of particle size on performance. 2. Grain texture interactions. *Poult. Sci.*, 73, 781-791.
46. Nir I., Hillel R., Ptichi I., Shefet G., 1995. Effect of particle size on performance. 3. Grinding pelleting interactions. *Poult. Sci.*, 74, 771-783.
47. Neményi. M., Czaba. I., Kovács. A., et Jáni. T., 2000. Investigation of simultaneous heat and mass transfer within the maize kernels during drying. *Computer and electronics in agriculture*, Elsevier, 26, 123-13.
48. Oyewusi P.A., Akintayo E.T. & Olaofe O., 2007. The proximate and amino acid composition of defatted rubber seed meal. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 5(3-4):115-118. Panigrahi S., Plumb V.E.,

- Machia D.H., 1989. Effects of dietary cottonseed meal with and without iron treatment on laying hens. *Br. Poult. Sci.*, 30, 641–651.
49. Pellerin F. & Dumitrescu D, 1980. Dosage des vitamines lipo et hydrosolubles dans les préparations polyvitaminées par chromatographie liquide haute performance (HPLC). Vol.27, issue 3, pp 243-251.
50. Philippe C, 2021. Les substituts végétaux à la viande : éléments de formulation et analyse comparée des services rendus avec les produits animaux 2ème partie : les apports en micronutriments. VPC-2021-3736, 14p.
51. Poncet C, Rémond D, Lepage E, Doreau M, 2003. Comment mieux valoriser les protéagineux et oléagineux en alimentation des ruminants. *Fourrages*, 2003, 174, pp.205-229. hal-02683608
52. Ponka R., Goudoum A., Chami tchungouelieu A., et Fokou E., 2016. Evaluation nutritionnelle de quelques ingrédients entrant dans la formulation alimentaire des poules pondeuses et porcs d'une ferme d'élevage au Nord-Ouest Cameroun. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 10(5): 2073-2080.
53. RONGEAD, 2014. Etude sur les mesures incitatives et de protection de l'industrie de l'anacarde en Côte d'Ivoire Résumé – Atelier 11 et 12 février 2014
54. RONGEAD., 2011. Diagnostic des unités de transformation d'anacarde. Vol. 1. 31p. www.rongead.org
55. Sauvart, D., Perez, J. M. & Tran, G., 2004. Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage (Porcs, volailles, ovins, caprins, lapins, chevaux, poissons). (INRA Editions, 2004).
56. Sekhar-reddy P., Sudhakarreddy P., Satyanarayanareddy P.V.V., Srinivasarao D, 1998. Influence of cottonseed cake on the performance of broilers. *Indian J. Anim. Nutr.*, 15, 188–193.
57. Silue F.E, Ouattara H, Meite A, N'goran K.D.V, Veronique C, Kati C.S. 2020. Performances Zootechniques, Économiques et Qualité Physique des Œufs Des Poules Soumises À des Régimes Alimentaires Apportant Différentes Concentrations De Tourteau D'amandes de Noix de Cajou (Côte d'Ivoire). *European Scientific Journal January 2020 edition Vol.16, No.3 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431.* 17 P.
58. Toléba S.S., Youssao A.K.I., Dahouda M., Missainhoun U.M.A. et Mensah G.A., 2009. Identification et valeurs nutritionnelles des aliments utilisés en élevage d'aulacodes (*Thryonomys swinderianus*) dans les villes de Cotonou et Porto-Novo au Bénin, *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (N°64)*, page 4.
59. Watkins S.E., Saleh E.A., Waldroup P.W. 2002. Reduction in dietary nutrient density aids in utilization of high protein cottonseed meal in broiler. *J. Poult. Res.*, 1, 53–58.
60. Wardowski W.F., Ahrens M.J., Cashew Apple and Nut, in: Nagy S., Shaw P.E., 1990 (Eds), *Fruits of tropical and subtropical origin*, Florida Sci. Source, Lake Alfred, USA, 15P. www.avicultureaumaroc.com techniques de conduite des élevages de poules pondeuses d'œufs de consommation 30p.
61. Zongo D & Coulibaly M., 1993. Le tourteau de coton sans gossypol: une importante source de protéines pour l'élevage porcin. *Tropicultura*, 11, 3, 95-98.

How to cite this article:

Ouattara Abdoulaye *et al* (2023) 'Production Et Caracterisation Biochimique Du Tourteau De Cajou (*Anacardium Occidentale*)', *International Journal of Current Advanced Research*, 12(04), pp. 1899-1908.
DOI: <http://dx.doi.org/10.24327/ijcar.2023.1908.1419>

Résumé

Les matières premières protéiques, notamment le tourteau de soja connaît une flambée de prix qui ne cesse d'augmenter entraînant ainsi des conséquences sur le coût de production et de commercialisation des produits d'élevage. Pour palier toutes difficultés la recherche d'autres sources protéiques est nécessaire. Ainsi, la présente étude s'est fixée comme objectif de valoriser le tourteau de cajou issu des co-produits industriels d'amande de cajou en alimentation de poudeuses.

Le tourteau de cajou a été incorporé dans des formulations d'aliment, à des taux respectifs de 0, 100, 50 et 95 % durant cette étude au cours des phases de croissance, pré-ponte et de ponte. L'analyse chimique des aliments a permis d'enregistrer des taux élevés de matière sèche avec les aliments C1 ($89,07 \pm 0,07$ %) et C2 ($89,40 \pm 0,30$ %). Quant à la protéine, le plus faible taux a été obtenu avec l'aliment C1 ($18,69 \pm 0,30$ %) au cours de la phase de croissance. Durant la phase de pré-ponte, le faible taux de protéines est obtenu avec l'aliment H3 ($17,57 \pm 0,59$ %). A la ponte, le taux élevé de celluloses brutes a été enregistré avec l'aliment T2 ($5,89 \pm 0,28$ %).

L'effet des aliments sur les performances des poudeuses a été évalué. A la phase de croissance, les meilleures croissances pondérales ont été obtenues avec les lots C0 et C2 avec des croissances moyennes respectives de 1325 g et 1294 g. De même, C2 valorise mieux l'aliment avec un indice de consommation le plus faible de 2,27. En pré-ponte, le lot H0 affiche une meilleure consommation de l'aliment de l'ordre de 78,97 g / j / sujet. De même, les meilleures croissances ont été obtenues avec les aliments H0 et H2. A la ponte, les lots T0 et T2 ont été les premiers à entrer en ponte, la 20^{ème} semaine. En outre, les meilleurs taux de ponte ont été enregistrés avec les lots T0 et T2. Quant aux taux d'œufs déclassés, les valeurs les plus élevées ont été enregistrées avec le lot T1. Concernant la qualité des œufs, les lots T2 ($15,33 \pm 1,52$ g) et T3 ($14,00 \pm 1,73$ g) ont obtenu les poids moyens de vitellus les plus élevés. La coloration du jaune a été moins intense avec l'aliment T1. Les lots T0 et T2 ont enregistré les marges bénéficiaires brutes les plus élevées respectivement de 192760 fcfa et 157205 fcfa.

Cette étude met en évidence la possibilité d'incorporer le tourteau de cajou dans les aliments de poudeuses. Toutefois, des performances zootechniques proche du témoin ont été obtenues avec les aliments C2, H2 et T2 au cours de cette étude. Aux éleveurs et producteurs d'œufs de consommation, l'incorporation du tourteau de cajou à hauteur de 50 % comme principale source de protéines végétales serait souhaitable.

Mots clés : Aliments, *Gallus gallus*, tourteau cajou, croissance, rentabilité, indice de forme, vitellus.

Summary

The price of protein raw materials, in particular soya meal, is rising steadily, with consequences for the cost of producing and marketing livestock products. To overcome these difficulties, it is necessary to find other sources of protein. The aim of this study was therefore to develop the use of cashew meal from industrial cashew kernel co-products in layer feed.

Cashew meal was incorporated into feed formulations at rates of 0, 100, 50 and 95% respectively during the growth, pre-laying and laying phases of the study. Chemical analysis of the feeds showed high levels of dry matter in feeds C1 ($89.07 \pm 0.07\%$) and C2 ($89.40 \pm 0.30\%$). As for protein, the lowest level was obtained with feed C1 ($18.69 \pm 0.30\%$) during the growth phase. During the pre-laying phase, the lowest protein level was obtained with feed H3 ($17.57 \pm 0.59\%$). At laying, the high crude cellulose rate was recorded with feed T2 (5.89 ± 0.28 %).

The effect of feed on layer performance was evaluated. In the growth phase, the best weight growths were obtained with batches C0 and C2, with average growths of 1,325 g and 1,294 g respectively. Similarly, C2 made better use of the feed, with the lowest feed conversion ratio of 2.27. In the pre-weaning period, batch H0 had the highest feed consumption at 78.97 g/day/subject. Similarly, the best growth rates were obtained with the H0 and H2 feeds. When it came to laying, batches T0 and T2 were the first to start laying, on the 20th week. Similarly, the best laying rates were recorded with batches T0 and T2. As for the rate of downgraded eggs, T1 was the highest. In terms of egg quality, batches T2 (15.33 ± 1.52 g) and T3 (14.00 ± 1.73 g) had the highest average yolk weights. Yolk coloration was medium intense with feed T1. The T0 and T2 batches recorded the highest gross profit margins of 192760 fcfa and 157205 fcfa.

This study highlights the possibility of incorporating cashew meal into layer feeds. However, zootechnical performances close to the control were obtained with C2, H2 and T2 feeds during this study. For livestock farmers and producers of eggs consumption, the incorporation of cashew nuts (up to 50 %) as the main source of vegetable protein would be desirable.

Key words: Feed, *Gallus gallus*, cashew meal, growth, profitability, feed conversion ratio, yolk.